



TUGAS AKHIR - MN 141581

STUDI KASUS ANALISIS PENGARUH TRIM TERHADAP PENGHEMATAN BAHAN BAKAR DAN STABILITAS KAPAL

MARGONO ADI SANTOSO
NRP. 4112 100 025

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - MN 141581

**STUDI KASUS ANALISIS PENGARUH TRIM TERHADAP
PENGHEMATAN BAHAN BAKAR DAN STABILITAS KAPAL**

MARGONO ADI SANTOSO
NRP. 4112 100 025

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph. D

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT - MN 141581

CASE STUDY OF THE EFFECT OF TRIM ANALYSIS TO FUEL SAVING AND SHIP STABILITY

MARGONO ADI SANTOSO
NRP. 4112 100 025

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph. D

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KASUS ANALISIS PENGARUH TRIM TERHADAP PENGHEMATAN BAHAN BAKAR DAN STABILITAS KAPAL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MARGONO ADI SANTOSO

NRP. 4112 100 025

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M. Sc, Ph. D

NIP. 19670406 199203 1 001

SURABAYA, 18 JANUARI 2017

LEMBAR REVISI

STUDI KASUS ANALISIS PENGARUH TRIM TERHADAP PENGHEMATAN BAHAN BAKAR DAN STABILITAS KAPAL

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 18 Januari 2017

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MARGONO ADI SANTOSO

NRP. 4112 100 025

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Totok Yulianto, S. T., M.T.
2. Dr. Ir. I Ketut Suastika, M. Sc.
3. Dedi Budi Purwanto, S.T, M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D.

SURABAYA, 18 JANUARI 2017

*Dedicated to My Parents and My Amazing Girl (Aini Sholihah) for their endless love,
support, and encouragement.*

Kata Pengantar

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang. Segala puji hanya bagi Allah tuhan seluruh alam. Ucapan Allahumma sholli 'ala sayyidina Muhammad semoga tetap tersampaikan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW sang juru selamat umat manusia. Atas berkah Allah SWT yang maha kuasa dan dengan keinginan luhur Tugas Akhir yang berjudul **“Studi Kasus Analisis Pengaruh Trim terhadap Penghematan Bahan Bakar dan Stabilitas Kapal”** dapat saya selesaikan dengan penuh perjuangan dan doa.

Terima kasih senantiasa saya haturkan kepada kedua orang tua saya di rumah yang tidak henti-hentinya memberikan semangat dan memanjatkan doa untuk saya agar diberikan kemudahan dalam menuntut ilmu di kampus perjuangan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Terimakasih juga saya haturkan kepada seluruh pihak atas terselesaikannya tugas akhir ini, yaitu:

1. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktu, membagikan ilmu, dan memberikan arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir.
2. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc dan Moh. Nurul Misbach, S.T, M.T, selaku Dosen Wali penulis yang telah memberikan arahan selama menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Perkapalan ITS.
3. Kakek Nenek penulis: Lamirin (Alm), Karsini (Alm), Amat (Alm) dan Mboke Sarmi, yang sangat bersemangat mendukung pendidikan anak cucunya. Alfatihah.
4. Pak Jairin (NPTI), Pak Totok (Mualim II MV VERIZON), yang mempermudah saya dalam pencarian data kapal.
5. Adik penulis: Ahmad Yusuf Asy'ari yang selalu menghibur dengan tingkah yang tidak terduga.
6. Sahabat terdekat: Wali Hasyim, Gagah Tolde, Irawan , Mas Fajar, Bang Opik, Buya Syafii.
7. Penghuni Komisariat PMII Sepuluh Nopember.
8. Sahabat PMII Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Sahabat FORECASTLE P52.
10. Warga Keputih gang 3 E timur atas keramahan dan kemurahan hatinya.

11. Dan yang terakhir Hadad Alwi, Sulis dan New Pallapa atas lagu-lagunya yang senantiasa mengiringi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini saya yakin masih jauh dari kata sempurna. Sehingga saya sangat membutuhkan kritik dan saran dari seluruh pihak yang berkenan membaca dan meneliti laporan ini. Akan tetapi saya sangat berharap pengerjaan tugas yang telah saya kerjakan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Meskipun kemungkinan hanya akan bermanfaat sebagai bahan referensi untuk adik-adik saya nantinya.

Sebaik-baiknya orang adalah orang yang dapat memberikan manfaat kepada orang lain. Demikian yang dapat saya sampaikan, semoga kita dapat terus belajar dan suatu saat nanti bisa memberikan kontribusi nyata ke masyarakat. Terima kasih dan salam atas nama tuhan.

Surabaya, Januari 2017

Margono Adi Santoso

Studi Kasus Analisis Pengaruh Trim terhadap Penghematan Bahan Bakar dan Stabilitas Kapal

Nama Mahasiswa : Margono Adi Santoso
NRP : 4112100025
Jurusan : Teknik Perkapalan – FTK ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M. Sc, Ph. D

ABSTRAK

Isu lingkungan seperti emisi gas rumah kaca bersamaan dengan faktor ekonomi seperti kenaikan harga bahan bakar, pada akhirnya menuju kebutuhan untuk meminimalkan daya propulsi kapal. Pengoptimalan trim adalah salah satu metode termudah dan termurah dalam pengoptimalan performa kapal dan pengurangan konsumsi bahan bakar. Tugas akhir ini bertujuan untuk mencari kondisi trim yang paling optimal dalam penghematan bahan bakar kapal namun tetap memenuhi kriteria stabilitas kapal. Untuk mengetahui besarnya konsumsi bahan bakar kapal perlu dilakukan perhitungan hambatan kapal. Pada tugas akhir ini perhitungan hambatan kapal dilakukan dengan *software* Maxsurf *Resistance* dan perhitungan stabilitas kapal dilakukan dengan *software* Maxsurf *Stability*. Dari perhitungan yang telah dilakukan, variasi trim yang konsumsi bahan bakarnya paling minimal trim buritan 1,27 m. Konsumsi bahan bakar pada saat trim buritan 1,27 m adalah 83,75 ton dan apabila dibandingkan dengan kondisi *even keel* penghematan bahan bakar yang dapat dilakukan adalah 1,79 ton atau 2,091% dalam satu kali pelayaran. Sedangkan stabilitas kapal pada saat trim buritan 1,27 m masih memenuhi kriteria stabilitas yang disyaratkan *International Maritime Organization* dalam *Intact Stability Code Chapter 3.1* dan *Chapter 4.9*.

Kata kunci: trim, hambatan kapal, konsumsi bahan bakar, stabilitas kapal

CASE STUDY OF THE EFFECT OF TRIM ANALYSIS TO FUEL SAVING AND SHIP STABILITY

Nama Mahasiswa : Margono Adi Santoso
NRP : 4112100025
Jurusan : Teknik Perkapalan – FTK ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M. Sc, Ph. D

ABSTRACT

Environmental issues such as greenhouse gases emission along with economic factors such as fuel cost increasing, ultimately lead to the need of minimizing the ship propulsive power. Trim optimisation is one of the easiest and cheapest methods for ship performance optimisation and fuel consumption reduction. The purpose of this thesis is to find the best trim condition to reduce the fuel consumption, but the ship stability is still accepted. To determine fuel oil consumption, the ship resistance is needed to be calculated. In this thesis, ship resistance and ship stability were analyzed by using Maxsurf Resistance and Maxsurf Stability software. From the calculations, the most minimum fuel consumption occurred when ship in trim buritan 1,27 m condition. At the time, fuel consumption was 83,75 tons and when compare with fuel consumption on even keel condition was fuel consumption 85,54 tons that can saving 1,79 tons or 2,091% in one voyage. And the ship stability when trim buritan 1,27 m still accepted on ship stability criteria required by International Maritime Organization at Intact Stability Code Chapter 3.1 and Chapter 4.9.

Key words: trim, ship resistance, fuel consumption reduction, ship stability

Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
Kata Pengantar	vi
ABSTRAK	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Hipotesa	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Trim	5
2.2 Efek dari Trim.....	5
2.2.1 Pengaruh trim terhadap daya dorong kapal.....	6
2.2.2 Pengaruh trim terhadap stabilitas kapal.....	6
2.3 Batas kemiringan	6
2.3.1 Batas trim.....	6
2.3.2 Batas kemiringan engine	6
2.4 Hambatan kapal	7
2.5 Efisiensi gaya dorong.....	8
2.5.1 <i>Hull efficiency</i>	8
2.5.2 <i>Propeller Efficiency</i>	9
2.5.3 <i>Relative rotative Efficiency</i>	9
2.5.4 <i>Shaft Efficiency</i>	9
2.5.5 <i>Reduction Gear Efficiency</i>	9

2.6	Daya Penggerak Kapal	9
2.6.1	<i>Effective Horse power</i> (EHP)	10
2.6.2	<i>Delivered Horse Power</i> (DHP)	10
2.6.3	<i>Shaft Horse Power</i> (SHP).....	10
2.6.4	<i>Break Horse power</i> (BHP)	10
2.7	Konsumsi bahan bakar.....	11
2.8	Stabilitas Kapal.....	11
2.8.1	Pengertian <i>Buoyancy</i> , Titik Berat, dan Titik <i>Metacenter</i>	11
2.8.2	Kondisi Stabil, Netral, dan Labil	13
2.8.3	Menentukan Tinggi <i>Metacenter</i>	15
2.8.4	Stabilitas Statis Awal.....	17
2.8.5	Stabilitas Dinamis Awal	17
2.8.6	Kurva Stabilitas	18
2.9	Kriteria stabilitas kapal kontainer.....	19
2.10	<i>Energy Efficiency Design Index</i>	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Diagram Alir.....	23
3.2	Tahap Pengerjaan	24
3.2.1	Studi Literatur.....	24
3.2.2	Pengumpulan Data.....	24
3.2.3	Pemodelan Lambung Kapal.....	25
3.2.4	Penentuan variasi trim	34
3.2.5	Perhitungan Hambatan dan Power Kapal dengan Metode Holtrop.....	38
3.2.6	Pengecekan stabilitas kapal dengan maxsurf <i>stability</i>	44
3.2.7	Perhitungan EEDI (<i>Energy Efficiency Design Index</i>)	45
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Identiikasi Data kapal	47
4.2	Pembuatan model kapal.....	47
4.3	Penentuan variasi trim	48
4.4	Analisa metode hambatan kapal.....	49
4.5	Analisa Hambatan Kapal.....	50
4.6	Analisa efisiensi kapal.....	51

4.7	Analisa distribusi daya kapal	53
4.8	Analisa konsumsi bahan bakar	54
4.9	Analisa stabilitas kapal	55
4.9.1	Stabilitas kapal kondisi <i>even keel</i>	57
4.9.2	Stabilitas kapal kondisi trim buritan 1,27 m	58
4.10	Analisa <i>Energy Efficiency Design Index</i> (EEDI).....	59
Bab V Kesimpulan dan Saran		62
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
Daftar Pustaka		65
LAMPIRAN		67

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Kondisi kapal secara memanjang	5
Gambar 2.2 Kondisi stabil	14
Gambar 2.3 Kondisi labil	14
Gambar 2.4 Kondisi netral.....	15
Gambar 2.5 Jari-jari metacenter awal.....	17
Gambar 2.6 Menentukan stabilitas dinamis awal.....	18
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan	23
Gambar 3.2 Redraw kapal MV VERIZON	26
Gambar 3.3 Kotak dialog attach image	26
Gambar 3.4 Tampilan maxsurf modeller.....	27
Gambar 3.5 Langkah import background pada maxsurf	27
Gambar 3.6 Tampilan background linesplan kapal	28
Gambar 3.7 Penentuan zero point dan reference point.....	28
Gambar 3.8 Langkah add surface	29
Gambar 3.9 Proses penyesuaian kedudukan control point	29
Gambar 3.10 Tabel surface properties.....	30
Gambar 3.11 Model lambung MV VERIZON	30
Gambar 3.12 Langkah pengecekan hidrostatik	31
Gambar 3.13 Tampilan maxsurf stability	32
Gambar 3.14 Pengaturan presisi dari surface	33
Gambar 3.15 Tampilan room definition	33
Gambar 3.16 Hasil input data tangki	34
Gambar 3.17 Tangki-tangki kapal	34
Gambar 3.18 Kotak dialog pengaturan trim	35
Gambar 3.19 Kotak dialog pengaturan draft kapal.....	36
Gambar 3.20 Pilihan type analisis	36
Gambar 3.21 Hasil displasemen model	37
Gambar 3.22 Kotak dialog pengaturan displasemen	37
Gambar 3.23 Data hidrostatik kapal model dalam even keel	38
Gambar 3.24 Pengatur trim dan displasemen	39
Gambar 3.25 Data hidrostatik dan trim angle.....	39

Gambar 3.26 Dialog frame of reference	40
Gambar 3.27 Kotak dialog rotasi surface kapal	41
Gambar 3.28 Tampilan model setelah dirotasi	41
Gambar 3.29 Kotak dialog pilihan metode hambatan kapal	42
Gambar 3.30 Kotak dialog variasi range kecepatan	43
Gambar 3.31 Kotak dialog pengaturan efisiensi	43
Gambar 3.32 Data hasil perhitungan hambatan kapal	43
Gambar 3.33 Kotak dialog pengatuan sudut heel	44
Gambar 3.34 Trim setup	44
Gambar 3.35 Pengaturan kriteria stabilitas	45
Gambar 3.36 Hasil pengecekan stabilitas	45
Gambar 4.1 Hasil pembuatan body plan kapal pada Auto Cad	48
Gambar 4.2 Model kapal 3D menggunakan Maxsurf Modeller	48
Gambar 4.3 Hambatan kapal pada tiap variasi trim.....	50
Gambar 4.4 BHP terhadap variasi trim.....	53
Gambar 4.5 Konsumsi bahan bakar pada setiap variasi trim.....	54
Gambar 4.6 Rekapitulasi kurva GZ	56
Gambar 4.7 Lengan GZ dalam kondisi even keel.....	58
Gambar 4.8 Lengan GZ pada saat kapal trim buritan 1,27 m	59
Gambar 4.9 EEDI CO2 pada setiap variasi trim	60
Gambar 4.10 Persyaratan NOx kapal.....	60

Daftar Tabel

Tabel 3.1 Data Hidrostatik	31
Tabel 3.2 Pengecekan data hidrostatik	32
Tabel 4.1 Principal dimension kapal	47
Tabel 4.2 Variasi trim	49
Tabel 4.3 Persyaratan dimensi metode perhitungan hambatan kapal	49
Tabel 4.4 Hasil perhitungan hambatan kapal	51
Tabel 4.5 Hasil perhitungan efisinsi kapal	52
Tabel 4.6 Hasil perhitungan daya kapal	53
Tabel 4.7 Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar	55
Tabel 4.8 Rekapitulasi lengan GZ pada setiap variasi trim	57
Tabel 4.9 Hasil perhitungan stabilitas kapal pada kondisi even keel	57
Tabel 4.10 Hasil perhitungan stabilitas pada kondisi trim 1,27 m buritan	58
Tabel 4.11 Hasil perhitungan EEDI	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah lingkungan seperti efek rumah kaca, polusi dan kebisingan mengakibatkan dampak peningkatan pada desain dan operasional kapal. Isu-isu lingkungan tersebut bersamaan dengan faktor ekonomi seperti kenaikan bahan bakar, pada akhirnya mengarah pada kebutuhan untuk meminimalkan daya propulsi kapal (Molland, Turnock, Hudson, & Utama, 2014).

Pengurangan daya propulsi pada kapal memiliki nilai positif dan negatif. Nilai positif yang didapatkan adalah dapat meminimalkan konsumsi bahan bakar. Sedangkan dampak negatifnya kapal akan beroperasi dibawah kecepatan dinas. Akan tetapi, kecepatan dinas merupakan salah satu bagian dari *owner requirement* yang merupakan permintaan dari pemilik kapal yang harus terpenuhi dalam proses mendesain kapal. Sehingga perlu mencari jalan lain untuk mengoptimalkan performa kapal tanpa mengurangi kecepatan dinas kapal.

Ada banyak jalan yang dapat dilakukan untuk pengoptimalan performa kapal, tapi diharapkan ada perubahan kecil yang mampu menghasilkan keuntungan besar. Pengoptimalan trim adalah salah satu metode termudah dan termurah dalam pengoptimalan performa kapal dan pengurangan konsumsi bahan bakar. Pengoptimalan trim tidak memerlukan berbagai modifikasi bentuk lambung kapal dan menaikkan kapasitas mesin kapal. Pengoptimalan dapat dilakukan dengan cara melakukan proses bongkar muat secara tepat atau memilih pengaturan posisi muatan dengan tepat pada saat *loading* (Reichel, Minchev, & Larsen, 2014).

Di FORCE *Technology* (FT), pengujian trim telah dilakukan pada lebih dari 50 kapal termasuk kapal-kapal tanker, kapal-kapal kontainer, kapal-kapal pengangkut LNG dan kapal-kapal ro-ro dengan mayoritas kapal yang diuji adalah kapal kontainer. Dalam pengujian menunjukkan penghematan bahan bakar dapat mencapai 15 % pada kondisi trim tertentu dibandingkan dengan pada kondisi kapal *even keel*. Dalam pengujian secara keseluruhan, rata-rata penghematan dapat mencapai 2 sampai 3 % (Larsen, Claus, Christian, & Christian, 2012).

Perubahan kondisi kapal dari semula *even keel* menjadi trim baik itu trim *haluan* maupun trim *buritan* atau sebaliknya akan mempengaruhi kondisi stabilitas kapal. Hal inilah yang ingin dijadikan sebuah tinjauan oleh penulis apakah kondisi kapal setelah dilakukan pengoptimalan trim tersebut memenuhi atau tidak bila ditinjau dari segi stabilitas kapal. Contoh kasus jatuhnya kontainer dari kapal terjadi di laut banda pada 9 Juni 2015. Puluhan kontainer jatuh dari kapal

Temas Line diduga karena penataan kontainer yang kurang tepat sehingga kondisi trim melebihi batas dan pada akhirnya stabilitas kapal tidak memenuhi kriteria (BeritaManado.com, 2015).

Kapal yang akan digunakan sebagai objek penelitian adalah MV VERIZON milik PT. Salam Pacific Indonesia Line.

1.2 Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah besarnya pengurangan hambatan kapal setelah dilakukan pengoptimalan trim.
2. Berapa besar penghematan bahan bakar yang dapat dilakukan.
3. Bagaimana kondisi yang paling optimum untuk penghematan bahan bakar.
4. Apakah stabilitas kapal masih dapat terpenuhi pada saat dilakukan pengoptimalan trim.
5. Berapa pengurangan *Energy Efficiency Design Index* yang dapat dilakukan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini permasalahan difokuskan pada:

1. Hubungan trim dengan pengurangan hambatan kapal dan kebutuhan energi.
2. Hubungan trim dengan stabilitas kapal.
3. Studi kasus difokuskan pada kapal kontainer MV VERIZON milik PT Salam Pacific Indonesia Lines.
4. Variasi trim pada saat pengujian adalah 5 kondisi trim haluan, 5 kondisi trim buritan dan *even keel*.
5. Lambung kapal diasumsikan bersih.
6. Kondisi pemuatan kontainer adalah 450 TEUS dari muatan maksimal 820 TEUS.
7. Berat *payload* sebesar 8610 ton.
8. Berat masing-masing kontainer diasumsikan sama.
9. Displasement kapal selama perjalanan diasumsikan tetap karena pengurangan bahan bakar dikompensasi dengan pengaturan air balas.
10. Pengecekan *Energy Efficiency Design Index* dilakukan pada CO₂ dan Nox.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besarnya hambatan kapal yang dapat dikurangi setelah dilakukan pengoptimalan trim.
2. Untuk mengetahui berapa penghematan bahan bakar.
3. Mengetahui kondisi paling optimum untuk penghematan bahan bakar.
4. Mengetahui kondisi stabilitas setelah dilakukan pengoptimalan trim.
5. Mengetahui pengurangan *Energy Efficiency Design Index* yang dapat dilakukan.

1.5 Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Referensi untuk perusahaan pelayaran dalam rangka penghematan konsumsi bahan bakar kapal dengan tetap memperhatikan stabilitas kapal.
2. Dapat mengetahui hubungan variasi trim dengan penghematan bahan bakar dan stabilitas memanjang dan melintang kapal.

1.6 Hipotesa

Hipotesis dari tugas akhir ini adalah kondisi paling optimal untuk penghematan bahan bakar kapal adalah trim *buritan* dan stabilitas kapal tetap memenuhi persyaratan IMO.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Trim

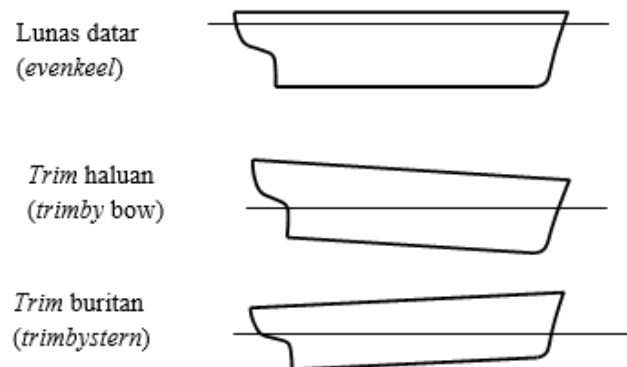
Trim didefinisikan sebagai perbedaan antara sarat di AP (T_A) dan sarat di FP (T_F).

$$Trim = T_A - T_F \quad (2.1)$$

Hasil positif menunjukkan terjadi Trim Buritan. Pada saat kapal dalam kondisi trim, displasemen dan kecepatan kapal tetap konstan, tidak ada penambahan ballast dan kapal tidak mengalami penambahan kecepatan meskipun hambatan berubah ketika kondisi trim (Larsen, Claus, Christian, & Christian, 2012).

Secara umum terdapat tiga kondisi yang dapat dialami kapal, yaitu:

- *Evenkeel* yaitu *draft* depan kapal sama dengan *draft* belakang kapal
- Trim haluan yaitu *draft* belakang lebih kecil dari *draft* depan
- Trim buritan yaitu *draft* belakang lebih besar dari *draft* depan



Gambar 2.1 Kondisi kapal secara memanjang

2.2 Efek dari Trim

Kondisi trim dapat menyebabkan perubahan parameter pada kapal. Parameter-parameter yang berubah diantaranya adalah sebagai berikut:

- *Wetted surface area* (WSA)
- *Water line length* (LWL)
- *Residual resistance coefficient*
- *Thrust deduction*
- *Wake fraction*
- *Propeller efficiency*

2.2.1 Pengaruh trim terhadap daya dorong kapal

Secara umum, efek dari trim yang diharapkan adalah mengurangi daya pendorong kapal (P_D). Ketika kapal dalam kondisi trim dapat dihubungkan dengan hambatan total (R_T) dan efisiensi total gaya dorong kapal (η_T) seperti pada rumus berikut:

$$P_D = \frac{R_T \cdot V}{\eta_T} \quad (2.2)$$

Seperti yang telah disampaikan pada definisi trim bahwa kecepatan kapal (V_s) dalam kondisi konstan. Dari perubahan parameter-parameter kapal diatas jelas bahwa tujuan dari pengoptimalan trim adalah untuk mengurangi hambatan dan/atau meningkatkan efisiensi untuk memperoleh hasil dari pengoptimalan trim (Larsen, Claus, Christian, & Christian, 2012).

2.2.2 Pengaruh trim terhadap stabilitas kapal

Kondisi trim dapat mengubah besarnya nilai lengan penegak pada kapal atau lengan GZ. Perubahan lengan GZ akibat kondisi trim pada sebuah kapal nilainya tidak terlalu signifikan. Dalam Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap 2 tahun 2015 dalam penelitian yang dilakukan pada kapal pukat, nilai lengan GZ saat kapal kondisi even keel adalah 1,708 m dan saat kapal dalam kondisi trim haluan 1° adalah 1,742 m. Selisih lengan GZ pada saat kapal dalam kondisi even keel dan trim nilainya tidak lebih dari 0,05 m (Matafi, 2015).

2.3 Batas kemiringan

2.3.1 Batas trim

Besarnya trim pada kapal terpenuhi apabila selisih antara *Longitudinal Center of Bouyancy* (LCB) dan *Longitudinal Center of Gravity* (LCG) nilainya tidak lebih dari 1 % *Longitudinal Between Perpendicular* (LPP) dari kapal tersebut (Andrianto, 2013).

2.3.2 Batas kemiringan engine

Kondisi trim pada kapal juga mempengaruhi kemiringan pada mesin kapal. Dalam BKI volume III *section 1.C.1.1* batas kemiringan *main engine* dan *auxiliary engine* untuk kondisi statis adalah 5° (untuk kapal lebih dari 100 m sudut trim maksimal adalah 500/L degrees) dan untuk kondisi dinamis adalah $7,5^\circ$. Kapal MV VERIZON berlayar dalam kondisi trim dan memiliki panjang kapal 136 m sehingga batas kemiringan mesinnya adalah 500/L yaitu sebesar $3,676^\circ$.

2.4 Hambatan kapal

J.Holtrop dan G.G.J.Mennen dalam jurnalnya yang berjudul “*An Approximate Power Prediction Method*” menjelaskan bahwa hambatan total dari suatu kapal dibagi menjadi sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{TOT} \cdot [C_F(1 + k) + C_A] + \frac{R_W}{W} W \quad (2.3)$$

$$R_T = R_F(1 + k) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \quad (2.4)$$

R_F = *Frictional resistance according to the ITTC 1957 formula.*

$1 + k$ = *Form faktor of the hull.*

R_{APP} = *Appendage resistance.*

R_W = *Wave resistance.*

R_B = *Additional pressure resistance of bulbous bow near the water surface.*

R_{TR} = *Additional pressure resistance due to transom immersion.*

R_A = *Model-ship corelation resistance.*

Hambatan kapal sesuai dengan standar ITTC, dijelaskan dengan rumus:

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_T \quad (2.5)$$

Dalam persamaan 2.3 massa jenis air (ρ) bernilai konstan. Jadi perubahan hambatan adalah fungsi dari luas permukaan basah (S) dan koefisien hambatan total kapal (C_T). Salah satu atau keduanya dikurangi untuk memperoleh keuntungan dari trim (Larsen, 2012).

Luas permukaan basah dihitung pada saat kapal dalam kondisi diam. Ketika kapal tersebut trim luas permukaan basah kapal akan berubah. Karena bentuk badan kapal yang lebih gemuk pada bagian buritan, luas permukaan basah kapal pada saat trim buritan cenderung lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan basah pada saat kapal dalam kondisi *even keel*. Sebaliknya luas permukaan basah pada saat trim haluan lebih kecil dibandingkan dengan luas permukaan basah pada saat kapal dalam kondisi *even keel*.

Koefisien hambatan total dapat digambarkan dengan rumus sebagai berikut:

$$C_T = C_R + (1 + k) \cdot C_F + C_A \quad (2.6)$$

Koefisien *Allowance* kapal (C_A) pada umumnya dijaga dalam kondisi tetap konstan kecuali untuk kapal dengan variasi sarat yang sangat besar, misalnya VLCC pada kondisi bongkar muat.

Perubahan koefisien hambatan gesek (C_F) menurut standar ITTC sebanding dengan besarnya angka reynold di sepanjang lambung:

$$C_F = \frac{0,075}{(\log (Re) - 2)^2} \quad (2.7)$$

Dimana besarnya angka reynold adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{V \cdot Lwl}{\nu} \quad (2.8)$$

Viskositas kinematik air laut (ν) bernilai konstan untuk suhu yang sama. Dari persamaan sebelumnya dapat dikatakan bahwa koefisien hambatan gesek kapal merupakan fungsi dari Lwl dan keduanya berbanding terbalik.

Sementara *residual resistance coefficient* dipengaruhi oleh letak LCB, bentuk lambung kapal, lebar kapal, sarat kapal dan bentuk serta ukuran *bulbous bow*.

2.5 Efisiensi gaya dorong

Efisiensi gaya dorong adalah fungsi dari efisiensi lambung (η_H), efisiensi baling-baling (η_0), efisiensi putaran relatif (η_{rr}), efisiensi poros (η_S) dan efisiensi *gear box* (η_G).

2.5.1 *Hull efficiency*

Efisiensi lambung adalah fungsi dari thrust deduction dan wake fraction. Efisiensi lambung dapat digambarkan dengan rumus berikut:

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \quad (2.9)$$

Dari persamaan diatas dapat kita simpulkan bahwa nilai thrust deduction harus menjadi lebih kecil dan nilai wake fraction menjadi lebih besar untuk mendapatkan keuntungan dari pengoptimalan trim.

Thrust deduction merupakan deduksi gaya dorong karena adanya selisih antara gaya dorong dengan hambatan kapal. *Thrust deduction* dapat digambarkan dengan rumus berikut:

$$t = \frac{T - R_t}{T} \quad (2.10)$$

Sedangkan *wake fraction* merupakan nilai koefisien arus ikut yang disebabkan oleh perbedaan antara kecepatan kapal dan kecepatan aliran air yang akan menuju *propeller*. *Wake fraction* dapat digambarkan dengan rumus berikut:

$$w = \frac{V - V_A}{V} \quad (2.11)$$

2.5.2 Propeller Efficiency

Propeller efficiency dapat diidentifikasi melalui *open water curve*. *Open water curve* sendiri diplot sebagai fungsi dari *advance ratio*, dimana (n) adalah jumlah putaran dari *propeller* dalam satu menit dan (D) adalah diameter *propeller*.

$$J = \frac{V_A}{n \cdot D} \quad (2.12)$$

2.5.3 Relative rotative Efficiency

Relative rotative efficiency adalah rasio antara momen pada *propeller* di *open water* dengan momen di belakang kapal. *relative rotative efficiency* dapat dihitung dengan formula:

$$\eta_{rr} = 0,9922 - 0,05908 \left(\frac{AE}{AO} \right) + 0,07424(C_p - 0,225lcb) \quad (2.13)$$

2.5.4 Shaft Efficiency

Kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami *losses* sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesinnya pada daerah midship akan mengalami *losses* sebesar 3% (Principal of Naval Architecture vol 2). Kamar mesin pada kapal MV VERIZON terletak di bagian belakang sehingga mengalami *losses* 2%.

2.5.5 Reduction Gear Efficiency

Efficiency reduction gear mencakup efisiensi *reduction gear*, *reversing gear* dan *thrust bearing*. Besarnya efisiensi tersebut dapat dihitung dengan formula:

$$\eta_t = \prod (1 - l_i) \quad (2.14)$$

dengan *reduction gear loss* sebesar 1%, *reversing gear loss* sebesar 1% dan *thrust bearing loss* sebesar 0,5%.

2.6 Daya Penggerak Kapal

Perhitungan kebutuhan daya penggerak utama agar kapal dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan adalah sebagai berikut:

2.6.1 *Effective Horse power (EHP)*

Effective horse power adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari badan kapal (*hull*), agar kapal dapat bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain dengan kecepatan servis sebesar V_s .

$$EHP = R_T \times V_s$$

$$R_T = \text{Hambatan total kapal} \quad (N)$$

$$V_s = \text{Kecepatan dinas kapal} \quad (m/s)$$

2.6.2 *Delivered Horse Power (DHP)*

Delivered Horse Power adalah daya yang disalurkan oleh propeller ke air. DHP dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DHP = EHP / \eta_D$$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_O \times \eta_{RR}$$

$$\eta_H = \text{Efisiensi badan kapal}$$

$$\eta_O = \text{Efisiensi baling-baling yang terpasang pada bagian belakang kapal}$$

$$\eta_{RR} = \text{Efisiensi relatif rotatif}$$

2.6.3 *Shaft Horse Power (SHP)*

$$SHP = DHP / \eta_S$$

$$\eta_S = \text{Efisiensi poros}$$

2.6.4 *Break Horse power (BHP)*

Brake Horse Power adalah daya yang diterima oleh poros transmisi sistem penggerak kapal (PS), yang selanjutnya dioperasikan secara kontinyu untuk menggerakkan kapal pada kecepatan servisnya (V_s). Daya motor penggerak kapal dapat dihitung, seperti persamaan dibawah ini.

$$BHP = DHP / \eta_t$$

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

2.7 Konsumsi bahan bakar

Konsumsi bahan bakar spesifik didasarkan pada torsi yang diberikan oleh mesin berkenaan dengan aliran massa bahan bakar yang dikirimkan ke mesin. Pemakaian bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang digunakan tiap satuan waktu.

Biasanya satuan bahan bakar yang digunakan adalah gr/kWh. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$Whfo = P \times SFOC \times t \times C \times 10^{-6} \quad (2.15)$$

Dimana:

P = Daya main engine (kW)

SFOC = *Specific Fuel Oil Consumption* (gr/kWh)

T = Waktu lama pelayaran (*hour*)

C = *Constant addition of fuel* (1.3-1.5)

2.8 Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah keseimbangan dari kapal, merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget (kemiringan) yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar. Begitu pula dengan pendapat Wakidjo (1972), bahwa stabilitas merupakan kemampuan sebuah kapal untuk menegak kembali sewaktu kapal menyenget karena kapal mendapat pengaruh luar, misalnya angin, ombak, dan sebagainya.

Pendapat lain mengenai stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali dari posisi oleng atau heel melintang kapal menuju ke posisi tegak kembali, setelah pengaruh gaya-gaya luar yang menyebabkan oleng dihilangkan. Jadi yang dimaksud dengan kemampuan kapal untuk mengembalikan dari posisi tegak berupa besaran dalam bentuk momen penegak dan energi potensial dan untuk selanjutnya disebut stabilitas statis dan stabilitas dinamis.

Dalam teori bangunan kapal, stabilitas statis dan stabilitas dinamis dapat ditinjau dari sudut oleng. Bila sudut oleng yang terjadi kurang dari 9^0 maka disebut stabilitas statis awal dan stabilitas dinamis awal. Dan bila lebih besar dari 9^0 disebut stabilitas statis lanjut dan stabilitas dinamis lanjut (Wakidjo, 1972).

2.8.1 Pengertian *Buoyancy*, Titik Berat, dan Titik *Metacenter*

Menurut Rubiantoro (1996), titik-titik penting dalam stabilitas antara lain adalah titik berat (G), titik apung (B), dan titik *Metacenter* (M).

a. Buoyancy

Apabila suatu benda mengapung pada air tenang, maka ada gaya yang bekerja ke arah bawah yang disebabkan oleh gravitasi (g), sehingga bila massa benda ini adalah M , maka gaya ini disebut Mg . Saat benda mengapung akan terjadi keseimbangan gaya yang bekerja ke atas yang besarnya sama dengan Mg . Gaya ke atas ini ditimbulkan oleh adanya gaya tekan hidrostatik yang bekerja normal pada permukaan benda, artinya tekanan hidrostatik tegak lurus permukaan benda yang tercelup. Gaya normal ini mempunyai dua komponen, yaitu vertikal dan horizontal. Jumlah dari komponen yang vertikal sama dengan gaya berat benda (Mg) dan ini sering disebut *buoyancy* (γV), sedangkan jumlah komponen yang horizontal sama dengan nol. Bila P adalah tekanan hidrostatik normal, sedangkan P_v dan P_a adalah komponen tekanan hidrostatik vertikal dan horizontal yang bekerja pada elemen luas (dA) yang tercelup, maka gaya hidrostatik ke arah vertikal adalah

$$P_v \times dA = Mg \quad (2.16)$$

Sedangkan gaya hidrostatik ke arah horizontal adalah nol. *Buoyancy* yang bekerja pada titik B atau titik pusat *buoyancy* yang merupakan titik pusat dari volume benda yang tercelup sebesar volume fluida yang dipindahkan oleh volume benda yang tercelup yang disebut volume *displacement* (V).

b. Titik Berat (*Center of Gravity*)

Titik berat (*center of gravity*) dikenal dengan titik G dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari semua gaya-gaya yang menekan ke bawah terhadap kapal. Letak titik G ini di kapal dapat diketahui dengan meninjau semua pembagian berat di kapal, makin banyak berat yang diletakkan di bagian atas maka makin tinggilah letak titik G-nya. Secara definisi titik berat (G) ialah titik tangkap dari semua gaya-gaya yang bekerja ke bawah. Letak titik G pada kapal kosong ditentukan oleh hasil percobaan stabilitas. Perlu diketahui bahwa, letak titik G tergantung daripada pembagian berat di kapal. Jadi selama tidak ada berat yang di pindah, titik G tidak akan berubah walaupun kapal oleng atau mengangguk.

c. Titik Metasentris

Titik metasentris atau dikenal dengan titik M dari sebuah kapal, merupakan sebuah titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar kapal tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil). Meta artinya berubah-ubah, jadi titik metasentris dapat berubah letaknya dan tergantung dari besarnya sudut senget. Apabila kapal senget pada sudut kecil

(tidak lebih dari 15^0), maka titik apung B bergerak di sepanjang busur dimana titik M merupakan titik pusatnya di bidang tengah kapal (*centerline*) dan pada sudut senget yang kecil ini perpindahan letak titik M masih sangat kecil, sehingga masih dapat dikatakan tetap.

2.8.2 Kondisi Stabil, Netral, dan Labil

Peninjauan stabilitas kapal dipengaruhi oleh tiga titik utama, yaitu titik berat kapal (G), titik tekan gaya ke atas (B) dan tinggi metacentre (M) (Wakidjo P, 1972). Titik G adalah titik berat kapal yang dipengaruhi oleh konstruksi kapal. Titik B adalah titik tekan gaya apung dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup dalam air. Titik M adalah titik perpotongan gaya tekan ke atas (γV) pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut kecil.

Pada keadaan kapal setimbang titik G dan titik B harus berada pada suatu garis vertikal terhadap permukaan zat cair, dan besarnya gaya berat kapal sama dengan gaya tekan ke atas. Apabila kapal mendapat gaya dari luar, akan menyebabkan kemiringan, baik oleng maupun trim, dengan asumsi titik G tidak mengalami perubahan tempat atau dengan kata lain muatannya tidak bergeser, maka titik B akan berpindah tempatnya. Akibat kemiringan kapal, maka letak titik B akan berpindah juga sesuai dengan perubahan bentuk badan kapal yang tercelup dalam air. Jadi untuk kapal yang mengalami oleng, titik B akan berpindah menjadi $B\theta$ pada bidang memanjang kapal. Keadaan oleng kapal ini menyebabkan titik G dan titik $B\theta$ tidak terletak dalam satu garis vertikal lagi terhadap air yang baru. Maka kapal akan mendapatkan momen kapal sebesar S yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$S = PxGZ \quad (2.17)$$

P = berat kapal (ton)

γV = *displacement* kapal (ton)

GZ = Lengan pengembali (m)

$$= MG \sin \theta$$

MG = tinggi metacentre (m)

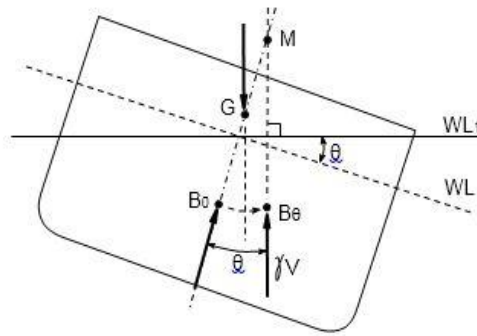
$$= MK - KG$$

$$= MB + KB - KG$$

Berdasarkan kedudukan titik beratnya, ada tiga kondisi yakni stabil, netral, dan labil:

1. Kondisi Stabil

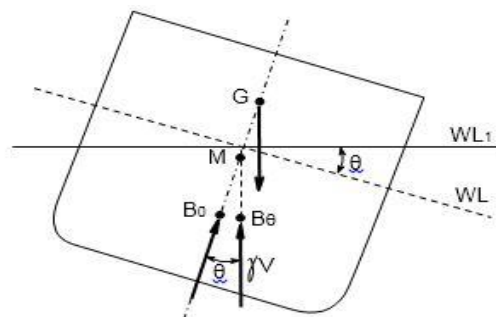
Titik G berada di bawah titik M seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Pada kondisi ini MG berharga positif dan kapal dalam kondisi stabil. Apabila mendapat gaya dari luar, maka akan dibalas dengan momen pengembali sebesar $P \times GZ$, dimana P adalah berat kapal, h adalah jarak titik G tegak lurus terhadap garis oleng. Sehingga pada kondisi ini kapal memiliki kemampuan untuk menegak kembali.



Gambar 2.2 Kondisi stabil

2. Kondisi Labil

Titik M berada di bawah titik G seperti yang terlihat pada Gambar 2.3. Pada kondisi ini GM berharga negatif, sehingga kapal dalam keadaan labil. Bila mendapatkan gaya luar, maka kapal tidak akan bisa kembali dalam keadaan semula karena tidak mempunyai momen pengembali.

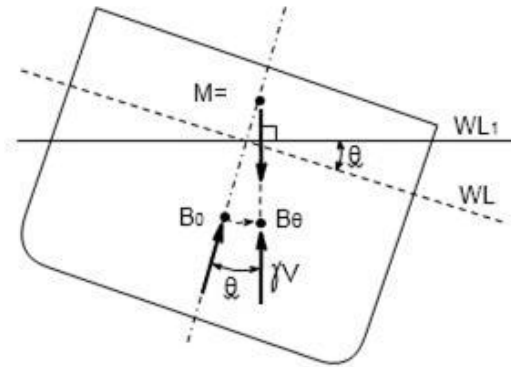


Gambar 2.3 Kondisi labil

3. Kondisi Netral

Titik M berimpit dengan titik G seperti yang terlihat pada Gambar 2.4. Pada kondisi ini MG sama dengan 0 (nol) dan kapal dalam kondisi netral atau bahkan tidak memiliki

kemampuan untuk menegak kembali. Dengan kata lain bila kapal oleng tidak ada MG maupun momen penerus, sehingga kapal tetap miring pada sudut oleng yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal.



Gambar 2.4 Kondisi netral

2.8.3 Menentukan Tinggi Metacenter

Tinggi *metacenter* melintang adalah jarak antara titik *metacenter* melintang (M_T) dengan titik berat kapal (G_0). Nilai $M_T G_0$ merupakan salah satu dari sekian kriteria untuk menilai tentang stabilitas dan kenyamanan suatu kapal. Bila letak titik M_T berada di atas G_0 maka tinggi *metacenter* adalah positif dan sebaliknya adalah negatif. Dalam menentukan tinggi *metacenter* dipakai hubungan antara $K M_T$ dan $K G_0$, yaitu:

$$M_T G_0 = K M_T - K G_0 \quad (2.18)$$

Dengan:

$$K M_T = K B_0 + M_T B_0 \quad (2.19)$$

$K B_0$ adalah jarak dari garis dasar kapal (*baseline*) ke pusat *buoyancy*. Pusat *buoyancy* dapat dicari dengan menggunakan dalil *sympson*.

Letak titik B di atas lunas bukanlah suatu titik yang tetap, akan tetapi berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat atau senget kapal (Wakidjo, 1972). Menurut Rubianto (1996), nilai KB dapat dicari :

- Untuk kapal tipe *flatbottom*, $K B = 0,50d$
- Untuk kapal tipe *V bottom*, $K B = 0.67d$
- Untuk kapal tipe *U bottom*, $K B = 0.53d$

Dari diagram metasentris atau lengkung hidrostatik, dimana nilai KB dapat dicari pada setiap sarat kapal saat itu (Wakidjo P, 1972).

Bila KB sudah diketahui, maka yang perlu dicari lagi adalah M_{TB_0} . Berdasarkan Gambar 2.5, sudut oleng kecil diasumsikan bahwa penampang dari baji masuk dan penampang baji keluar dianggap berbentuk segitiga siku-siku. Bila separuh ordinat garis air dari kedua baji adalah T , maka luas penampang baji masuk atau keluar adalah $\frac{1}{2}xytg\varphi = \frac{1}{2}y^2tg\varphi$, dan untuk φ kecil maka penampang baji masuk atau keluar adalah $\frac{1}{2}y^2\varphi$. Bila elemen panjang dari kapal adalah dL , maka volume total baji adalah $\int_0^L \frac{1}{2}y^2\varphi dL$. Volume baji ini bergeser dari satu sisi ke sisi yang lain dan bila penampang baji dianggap tetap segitiga, maka letak titik berat baji bergeser horizontal dari posisi $2/3 y$ terhadap *centerline* menuju ke posisi lain sejauh $2/3 y$ terhadap *centerline*.

Momen volume baji terhadap *centerline* adalah volume baji dikali jarak horizontal antara kedua titik berat baji. Jadi jarak horizontal antara kedua titik berat baji adalah $4/3 y$, sehingga momen volume baji total terhadap *centerline* adalah:

$$\int_0^L \frac{1}{2}y^2\varphi dL x \frac{4}{3}y = \varphi \int_0^L \frac{2}{3}y^3 dL \quad (2.20)$$

Dengan $\int_0^L \frac{2}{3}y^3 dL$ merupakan jumlah momen inersia baji masuk dan keluar yang besarnya = momen inersia melintang I_T , sehingga $v \times g_0g_1 = \varphi \times I_T$, maka

$$B_0B_1 = \frac{vxg_0g_1}{V} = \frac{\varphi I_T}{V} \quad (2.21)$$

$$\text{Sedangkan} \quad Tg \varphi = \frac{B_0B_1}{M_TB_0} \quad (2.22)$$

Jadi ,

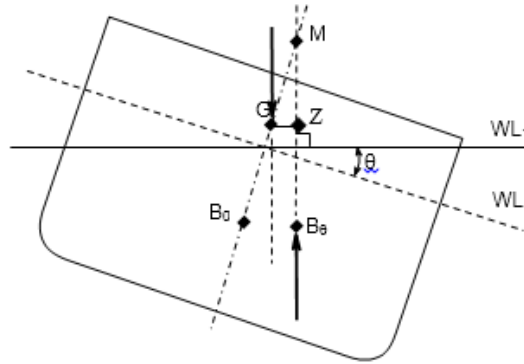
$$M_{TB_0} = \frac{B_0B_1}{\varphi} = \frac{\varphi I_T}{V\varphi} = \frac{I_T}{V} \quad (2.23)$$

Maka,

$$M_TB_0 = \frac{I_T}{V} \quad (2.24)$$

Jari-jari Metasenter awal tergantung pada momen inersia bidang garis air dan volume *buoyancy* untuk $\phi < 90^\circ$. Untuk jari-jari metasenter lanjut adalah:

$$tM\phi B_0 = M_T B_0 (1 + \frac{1}{2} \tan^2 \phi) \quad (2.25)$$



Gambar 2.5 Jari-jari metacenter awal

2.8.4 Stabilitas Statis Awal

Pada sudut oleng kecil, ($< 90^\circ$) dimana *displacement* sebelum dan sesudah oleng dianggap tetap, tetapi titik B_0 bergeser ke B_1 dan arah garis kerja *buoyancy* sebelum oleng tegak lurus pada WL_0 , setelah oleng *buoyancy* tegak lurus terhadap garis WL_0 , sedangkan letak titik G adalah tetap, hanya saja gaya berat kapal arahnya tegak lurus pada WL_1 . Bila kapal mengalami oleng kecil $= \phi$ dan jarak titik G_0 ke garis kerja *buoyancy* melalui B_1 disebut h atau GZ . Maka,

$$h = M_T G_0 \sin \phi \quad (2.26)$$

Jadi harga momen penegak yang dibutuhkan agar kapal dapat kembali pada posisi semula adalah $P \times h = \gamma V \times h = P \times M_T G_0 \sin \phi$. Besar momen penegak ini disebut stabilitas awal.

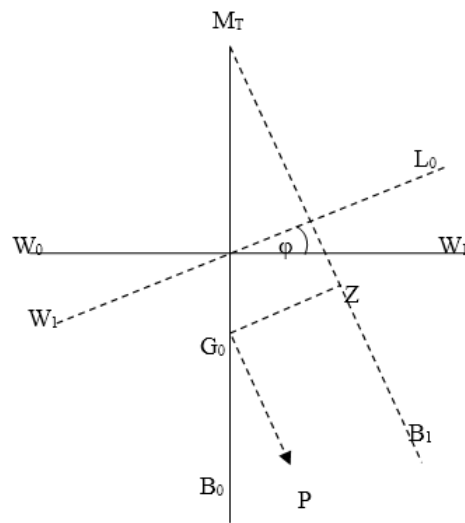
$$S_a = P \times M_T G_0 \sin \phi \quad (2.27)$$

2.8.5 Stabilitas Dinamis Awal

Sudut oleng kurang dari 90° dan dari titik G_0 ditarik garis tegak lurus pada garis kerja *buoyancy* yang melalui B_1 disebut titik Z dan demikian pula dari titik B_0 disebut titik R . Maka ada perbedaan panjang antara B_1Z dengan B_0G_0 . Selisih perbedaan ini disebut jalan dinamis, yaitu $B_1Z - B_0G_0$. Nilai ini menyebabkan kenaikan energi potensial. Kenaikan energi potensial digunakan kapal untuk membuat kapal dalam kondisi oleng menjadi tegak kembali. Tambahan energi tersebut dinamakan stabilitas dinamis awal.

Dengan melihat pada Gambar 2.6, maka stabilitas dinamis awal $Da = P(B_1Z - B_0G_0)$. Nilai $B_1Z = M_TB_1 - M_TZ$, sedangkan $M_TZ = M_TG_0 \cos \varphi$. Jadi $B_1Z = M_TB_1 - M_TG_0 \cos \varphi$. Untuk φ kecil maka B_0B_1 dianggap busur lingkaran, sehingga $M_TB_0 = M_TB_1$. Bila disubstitusikan dalam $Da = P (B_1Z - B_0G_0)$, diperoleh $Da = P (M_TB_0 - M_TG_0 \cos \varphi - B_0G_0)$, sehingga:

$$Da = P \times M_TG_0 (1 - \cos \varphi) \quad (2.28)$$



Gambar 2.6 Menentukan stabilitas dinamis awal

2.8.6 Kurva Stabilitas

Kurva stabilitas merupakan hubungan antara momen stabilitas statis (S_a) atau lengan momen ($h = GZ$) dengan sudut oleng φ . S_a atau GZ sebagai sumbu vertikal, sedangkan sudut oleng pada sumbu horizontal. Pada sumbu horizontal, variasi sudut oleng dibuat interval 10^0 atau 15^0 , sedangkan pada sumbu vertikal tergantung pada skala momen atau lengan momen. Proses menggambar kurva stabilitas GZ vs sudut oleng φ , awalnya meletakkan sudut 57.3^0 (1 radian) kemudian pada sudut ini diukur secara vertikal nilai MG (ke atas MG positif dan ke bawah negatif) dan titik pada MG dihubungkan dengan O akan terjadi segitiga siku. Setelah itu baru digambarkan kurvanya pada setiap sudut oleng dari 0^0 sampai 90^0 . Untuk sudut oleng kecil, kurang dari 9^0 kurva harus menyinggung sisi miring segitiganya karena arah kurva merupakan nilai tangen sudut pada sudut oleng kurang dari 9^0 .

Untuk menggambar kurva lengan GZ , bisa juga dilakukan dengan menggunakan konsep *Crosscurve* (KN) yaitu lengan yang diukur dengan *keel*.

$$GZ = KN - KG \sin \varphi \quad (2.29)$$

Dengan:

GZ = lengan pengembali diukur dari titik G (m)

KN = lengan diukur dari *keel*

KG = jarak titik berat terhadap *keel*

Untuk mengetahui apakah kapal mempunyai stabilitas yang baik atau tidak, maka dibandingkan dengan standar minimum kriteria stabilitas.

2.9 Kriteria stabilitas kapal kontainer

Kriteria stabilitas kapal kontainer diatur dalam produk *International Maritime Organization* (IMO) yaitu *Intact Stability Code* (ISC) *chapter 3.1 Design criteria applicable to all ship* dan *chapter 4.9.2 Special criteria for certain type of ship (Container ships > 100 m)*.

Kriteria stabilitas kapal IS *code chapter 3.1*:

- Area dibawah kurva GZ 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0,055 meter radian,
- Area dibawah kurva GZ 0° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0,090 meter radian,
- Area dibawah kurva GZ 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0,030 meter radian,
- Nilai GZ maksimal pada sudut 30° atau lebih tidak boleh kurang dari 0,2 m,
- Nilai sudut dari GZ maksimal tidak boleh kurang dari 25° ,
- Nilai GM_0 tidak boleh kurang dari 0,15 m.

Kriteria stabilitas kapal IS *code chapter 4.9.2*:

- Area dibawah kurva GZ 0° sampai 30° tidak boleh kurang dari 0,009/C meter radian,
- Area dibawah kurva GZ 0° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0,016/C meter radian,
- Area dibawah kurva GZ 30° sampai 40° tidak boleh kurang dari 0,006/C meter radian,
- Nilai GZ maksimal pada sudut 30° atau lebih tidak boleh kurang dari 0,033/C m,
- Nilai GZ maksimal tidak boleh kurang dari 0,042/C m,
- Area dibawah kurva GZ 0° sampai sudut GZ maksimal tidak boleh kurang dari 0,029/C meter radian.

Dimana C dihitung dengan formula:

$$C = \frac{d \cdot D'}{Bm^2} \cdot \sqrt{\frac{d}{KG}} \cdot \left(\frac{Cb}{Cw}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100}{L}} \quad (2.30)$$

d = sarat rata-rata (m)

$$D' = D + h \cdot \frac{2b - Bd}{Bd} \cdot \frac{2 \sum lh}{L} \quad (2.31)$$

D = moulded depth of the ship in m

Bd = moulded breadth of the ship in m

KG = letak titik berat kapal secara vertikal in m

Cb = koefisien blok

Cw = koefisien *waterplan*

lH = panjang *hatch coaming* L/4 forward and after midship

b = lebar *hatch coaming* L/4 forward and after midship

h = tinggi *hatch coaming* L/4 forward and after midship

L = panjang kapal dalam m

B = lebar kapal pada *waterline*

Bm = lebar kapal pada setengah sarat.

2.10 Energy Efficiency Design Index

EEDI harus dihitung untuk kapal baru, kapal yang mengalami konversi besar, kapal baru maupun kapal yang sudah ada yang diperbaharui sistem konstruksinya. EEDI harus spesifik pada tiap-tiap kapal dan harus menunjukkan perkiraan kinerja kapal dalam hal efisiensi energi. EEDI juga harus disertai dengan berkas teknis yang berisi proses perhitungan dan hasil. Survei dan sertifikasi EEDI dilakukan pada dua tahap, verifikasi awal pada tahap desain dan verifikasi akhir pada sea trial.

Berkas teknis EEDI berisi satu set rincian mengenai lambung kapal dan propulsi utama. Rincian utama dari berkas teknis tersebut adalah *deadweight* (DWT) atau *gross tonage* (GT), *maximum continous rating* (MCR) dari *main engine* maupun *auxiliary engine*, kecepatan dinas (Vs), tipe bahan bakar, *specific fuel oil consumption* (SFOC) dari *main engine* dan *auxiliary engine* dan data daya elektrik.

EEDI yang dicapai nilainya tidak boleh lebih dari EEDI yang disyaratkan. Besarnya EEDI yang disyaratkan dihitung dengan persamaan:

$$EEDI\ required = \left(1 - \frac{x}{100}\right) RLV \quad (2.32)$$

Dimana:

x = *reduction factor* (%); untuk kapal kontainer lebih dari 15000 DWT pada fase Januari 2015 sampai 31 Desember 2019 nilai x adalah 10%.

RLV = *reference line value*

$$RLV = 174,2 \cdot b^{-0,201} \quad (2.33)$$

Dimana:

b = DWT kapal.

Untuk menghitung EEDI dapat digunakan formula:

$$EEDI = \frac{P \times sfc \times Cf}{C \times V} \quad (2.34)$$

Dimana:

$EEDI$ = *Energy Efficiency Design Index* (gr CO₂/ton.nmil)

P = daya kapal (kW)

Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (gr/kWh)

Cf = CO₂ konversi

C = kapasitas kapal (DWT atau GT)

V = kecepatan kapal (knots)

Untuk emisi gas NO_x telah diatur oleh IMO dalam MARPOL *Annex VI Regulation for the prevention of Air Pollution from Ship Chapter 3.13*. Dalam peraturan tersebut standart emisi NO_x dibagi menjadi tiga bagian:

1. Tier I

Untuk kapal yang menggunakan mesin diesel dan dibangun dalam periode 1 Januari 2000 sampai 1 Januari 2011, emisi NO_x dari kapal tersebut tidak boleh lebih dari :

- a. 17 g/kWh untuk RPM kurang dari 130
- b. $45 \cdot RPM^{(-0,2)}$ g/kWh untuk RPM 130 atau lebih namun kurang dari 2000

- c. 9,8 g/kWh untuk RPM 2000 atau lebih

2. Tier II

Untuk kapal yang menggunakan mesin diesel dan dibangun dalam periode 1 Januari 2011 sampai 1 Januari 2016, emisi NO_x dari kapal tersebut tidak boleh lebih dari :

- a. 14,4 g/kWh untuk RPM kurang dari 130
- b. $44 \cdot \text{RPM}^{(-0,2)}$ g/kWh untuk RPM 130 atau lebih namun kurang dari 2000
- c. 7,7 g/kWh untuk RPM 2000 atau lebih

3. Tier III

Untuk kapal yang menggunakan mesin diesel dan dibangun pada 1 Januari 2016 atau setelahnya, emisi NO_x dari kapal tersebut tidak boleh lebih dari :

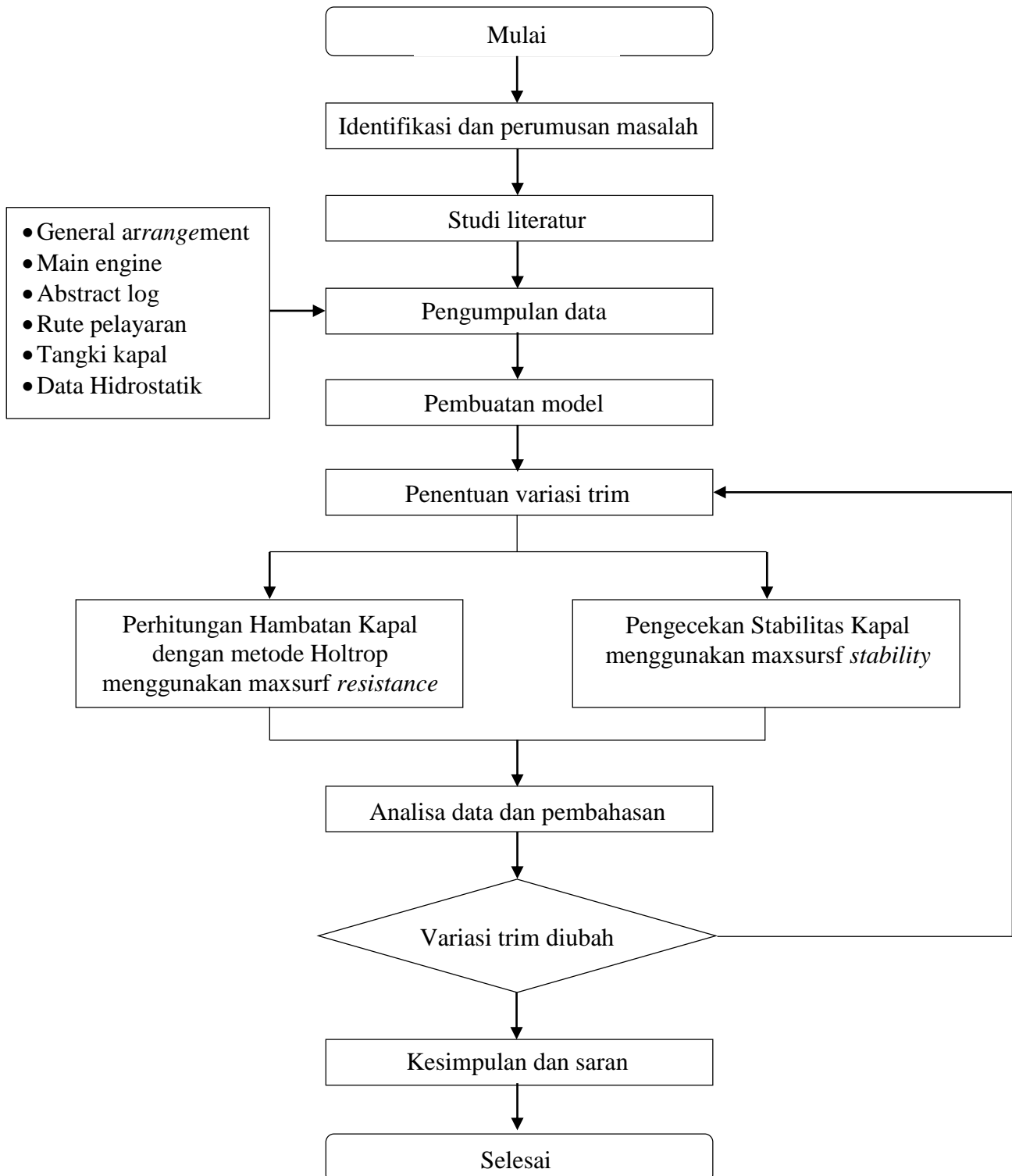
- a. 3,4 g/kWh untuk RPM kurang dari 130
- b. $9 \cdot \text{RPM}^{(-0,2)}$ g/kWh untuk RPM 130 atau lebih namun kurang dari 2000
- c. 2 g/kWh untuk RPM 2000 atau lebih

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir (*flowchart*) metodologi penelitian dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan

3.2 Tahap Pengerjaan

3.2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pembelajaran dan pengumpulan referensi teori-teori yang berkaitan dengan trim, efek dari trim, hambatan kapal, konsumsi bahan bakar dan stabilitas kapal. Referensi-referensi tersebut dapat berupa buku, jurnal, *e-book*, *paper*, Tugas Akhir sebelumnya yang masih berkaitan, dan berbagai sumber dari internet.

Beberapa langkah yang dilakukan dalam tahap ini yaitu:

- Mempelajari pengertian trim dan efeknya terhadap hambatan kapal.
- Mempelajari cara menghitung hambatan kapal dengan metode holtrop.
- Mempelajari cara menghitung konsumsi bahan bakar kapal.
- Mempelajari kriteria-kriteria stabilitas kapal baik memanjang maupun melintang.
- Mempelajari *software-software* terkait yang akan digunakan dalam analisis.
- Mengkaji *paper* dan buku-buku yang berkaitan dengan stabilitas pada kapal.

3.2.2 Pengumpulan Data

Sebelum dilakukan analisis pengaruh trim terhadap penghematan bahan bakar dan stabilitas kapal terlebih dahulu harus didapatkan data-data yang dibutuhkan. Data yang dimaksud adalah data yang relevan dan mencakup segala aspek yang berhubungan dengan pengerjaan Tugas Akhir. Data awal yang dikumpulkan antara lain *General arrangement*, *Deck Abstract Log*, *Main Engine*, Data tangki kapal, Data muatan dan LWT kapal serta Rute Pelayaran.

1. *GeneralArrangemet*

General Arrangement atau Rencana Umum adalah Gambar lengkap dari kapal yang didesain secara menyeluruh dari pandangan atas, meliputi alas ganda, tank top, geladak utama, serta rumah geladak di setiap tingkat. Gambar Rencana Umum digunakan untuk menentukan pembagian posisi dan ukuran tiap-tiap ruangan dan kompartemen pada kapal. Selain itu *General Arrangement* juga digunakan dalam pembuatan model karena perusahaan pemilik kapal tidak berkenan memberikan data linesplan dari kapal.

2. *Deck Abstract Log*

Deck Abstract Log MV VERIZON digunakan untuk mengetahui kondisi sarat kapal, waktu pelayaran kapal dan muatan kapal pada saat berlayar. Kondisi sarat kapal diperlukan

untuk menghitung besarnya displasemen dan menentukan variasi trim kapal. Waktu atau lama pelayaran diperlukan untuk menghitung besarnya konsumsi bahan bakar kapal. Sedangkan data muatan digunakan pada saat menghitung stabilitas kapal.

3. *Main Engine*

Main Engine atau Mesin Kapal diperlukan untuk menghitung besarnya konsumsi bahan bakar kapal. Pada katalog mesin disebutkan Specific Fuel Oil Consumption dari mesin tersebut. Specific Fuel Oil Consumption adalah besarnya konsumsi bahan bakar kapal tiap satuan kilowatt hour(kWH).

4. Data Tangki Kapal

Data tangki kapal berisi tentang kapasitas dan isi dari tiap-tiap tangki pada kapal. Data ini diperlukan untuk memastikan kesesuaian antara kapal model dan kapal sebenarnya. Selain itu juga menunjukkan letak dari tiap-tiap tangki di kapal.

5. Data Muatan dan LWT Kapal

Data muatan dan LWT kapal digunakan untuk pembuatan *Load Case* pada saat pemodelan kapal di maxsurf *stability*. *Load Case* merupakan data yang berisikan kondisi pembebanan(*loading condition*) pada kondisi kapal yang berbeda-beda.

6. Rute Pelayaran

Rute pelayaran digunakan untuk memastikan kesesuaian antara waktu pelayaran yang didapat dengan yang dihitung menggunakan jarak pelayaran dan kecepatan kapal.

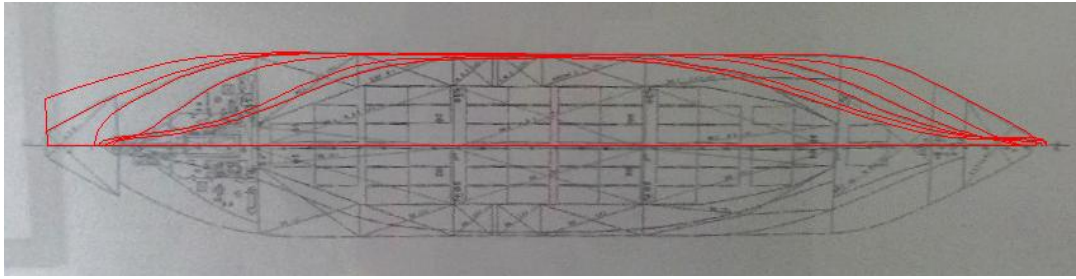
3.2.3 Pemodelan Lambung Kapal

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model lambung MV VERIZON berdasarkan pada Gambar *linesplan* yang telah dibuat dari data *General Arrangement* menggunakan *software Maxsurf Modeller student version*. Pada Tugas Akhir ini skala yang digunakan adalah 1:1, sehingga ukuran model adalah sama dengan ukuran kapal sebenarnya. Model yang dibuat adalah keseluruhan badan kapal sampai *Main Deck* yang diasumsikan kedap.

Langkah-langkah dalam pembuatan model kapal adalah sebagai berikut:

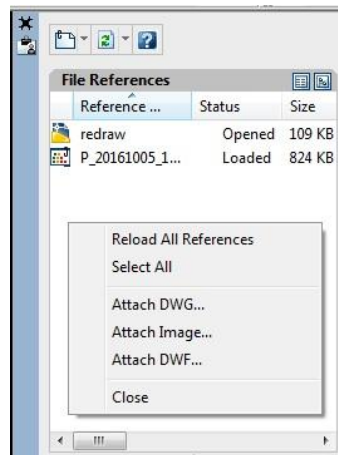
1. *Redrawing General Arrangement*

Redrawing pada *General Arrangement* dilakukan karena PT SPIL tidak berkenan memberikan data *Linesplan* karena merupakan data rahasia perusahaan. *Redrawing* dilakukan pada Gambar tampak atas atau half breadth plan.



Gambar 3.2 *Redraw* kapal MV VERIZON

Untuk memasukkan Gambar *background* dilakukan dengan langkah berikut.
Ketik im > klik kanan pada kotak dialog > pilih *attach image*.



Gambar 3.3 Kotak dialog *attach image*

2. Pengecekan kesesuaian *Water Plan Area*(WPA) pada setiap *Water line*

Pengecekan WPA dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara *Half breadth plan* yang telah dibuat dengan data yang didapatkan dari MV VRIZON. Perhitungan luas dilakukan dengan metode simpson dengan membagi setiap WPA menjadi 21 station. Untuk perhitungan luas dari setiap WPA akan dilampirkan.

3. Pembuatan *Body Plan*

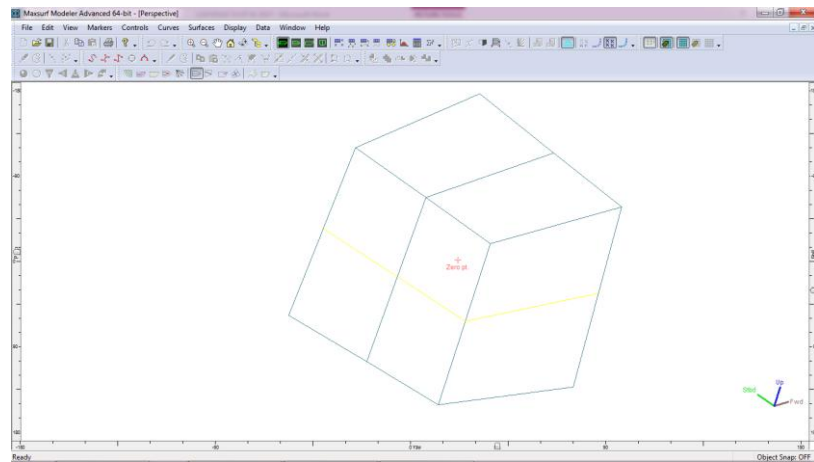
Data *Half Breadth Plan* yang dihasilkan dari proses *redrawing* dijadikan acuan untuk pembuaan *body plan* kapal. Sebelum dilakukan pembuatan *body plan* terlebih dahulu dilakukan pembuatan Tabel offset. Tabel offset dibuat dengan membagi *Half Breadth Plan* menjadi beberapa station. Kemudian dari setiap station diukur besarnya offset pada masing-masing *water line*.

Setelah membuat Tabel ofset, maka dapat dilakukan proses pembuatan *body plan* dengan *tools spline* pada auto cad dan *import* data menggunakan data offset yang telah dibuat sebelumnya.

4. Pembuatan model pada maxsurf

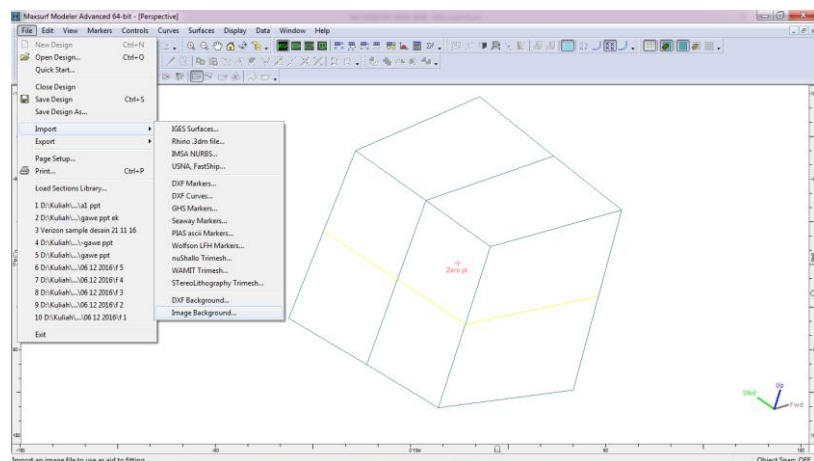
Untuk membuat model pada Maxsurf *student version*, sebagai inputnya dibutuhkan *lines plan* serta ukuran-ukuran utama kapal. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *modeling* kulit kapal adalah:

- a. Membuka program Maxsurf *student version* terlebih dahulu. Cara menjalankan program Maxsurf *student version* dari komputer adalah dengan cara *Start > Program > Maxsurf > Maxsurf Modeller*. Setelah mengaktifkan program Maxsurf *Modeller* tersebut, maka akan muncul tampilan grafis dari Maxsurf *Modeller* seperti terlihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.4 Tampilan maxsurf *modeller*

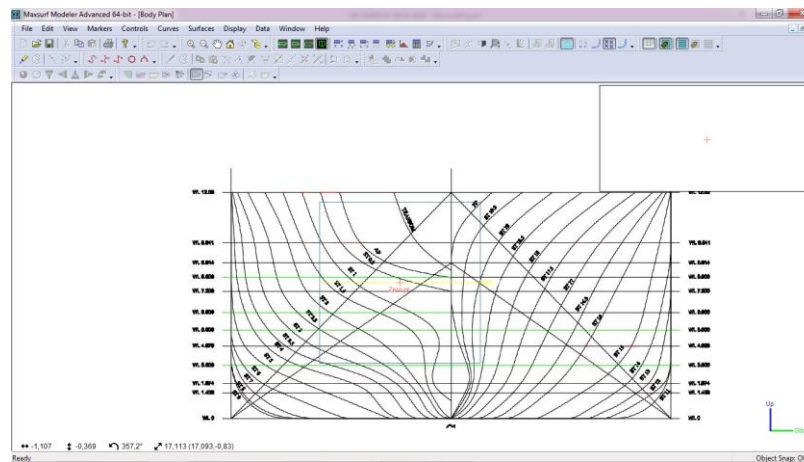
- b. Langkah selanjutnya adalah membuat desain baru dengan perintah *File > New Design* atau dengan menekan tombol *CTRL + N*. Kemudian meng-*import* Gambar *lines plan* kapal ke dalam Maxsurf *student version*. Perintah yang dilakukan adalah *File > Import > Image Background*. Lihat Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Langkah *import background* pada maxsurf

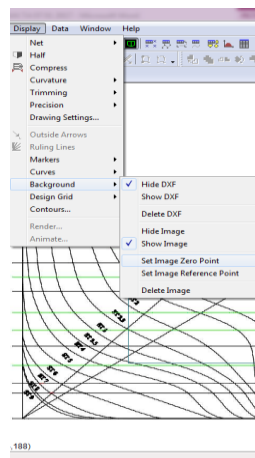
- c. Setelah melakukan perintah di atas, maka selanjutnya akan muncul *background* pada Maxsurf *student version*. Ulangi perintah di atas satu persatu pada pandangan

Bodyplan, *Profile*, dan *Plan*. Gambar 3.6 adalah contoh tampilan *image background* untuk pandangan depan.



Gambar 3.6 Tampilan *background* linesplan kapal

- d. Langkah berikutnya adalah penskalaan *image background* dengan menggunakan tool *Set Image Zero Points* dan berikutnya adalah *Set Image Reference Points* masing-masing untuk setiap pandangan (*Body plan*, *Profile*, dan *Plan*). Lihat Gambar 3.7.



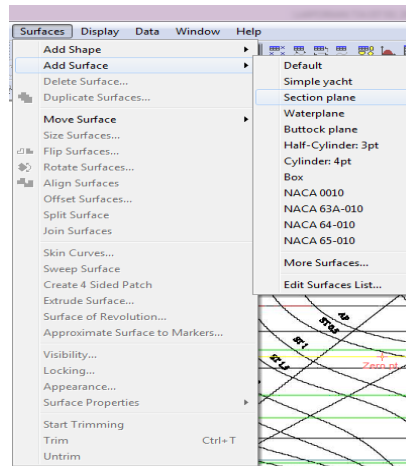
Gambar 3.7 Penentuan *zero point* dan *reference point*

- e. Untuk membuat kulit kapal pada Maxsurfstudent version digunakan *surface*. Karena bentuk kapal yang kompleks, maka satu bentuk *body* kapal secara keseluruhan tidak cukup dengan menggunakan satu *surface* saja. Untuk membentuk kulit kapal MV VERIZON ini akan digunakan 4 *surface*. Pembagian per bagian ini meliputi:


- Bagian depan kapal, pada *surface* diberi nama *fore*.
- Bagian tengah kapal, pada *surface* diberi nama *middle*.

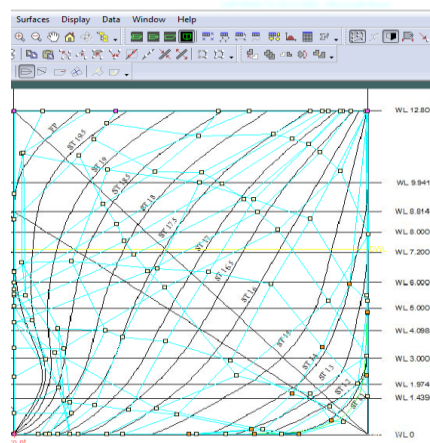
- Bagian belakang kapal, pada *surface* diberi nama *after*.
- Bagian transom kapal, pada *surface* diberi nama *transom*..

Setiap bagian kapal dibuat dengan menggunakan satu *surface*. Untuk memunculkan *surface*, maka pada program Maxsurf *Modeller student version* dilakukan perintah dengan cara klik *Surface> Add Surface> Sectional Plan*. Lihat Gambar 3.8.



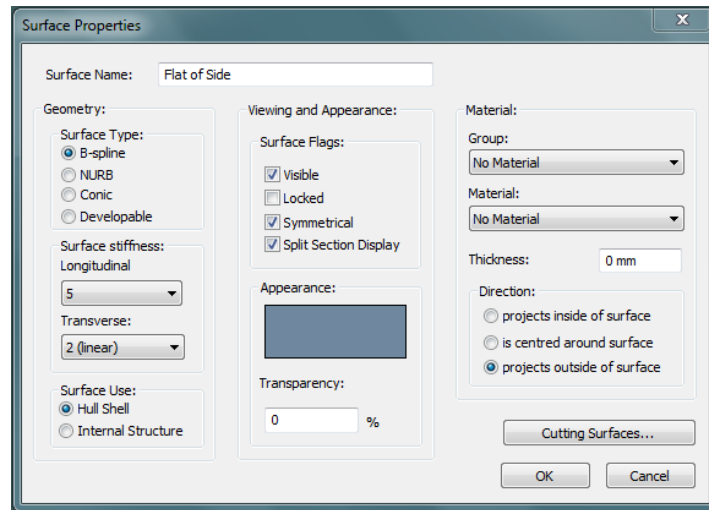
Gambar 3.8 Langkah *add surface*

Untuk memudahkan pembentukan *surface* agar sesuai dengan *lines plan*, maka perlu ditambahkan *control point*. Semakin banyak *control point* pada tiap *surface* akan semakin mempermudah dalam mengatur bentuk *surface*. Menambah *control point* pada *surface* dilakukan dengan perintah *Surface>Add control point* atau dengan klik icon . Kemudian dilakukan penggeseran atau merubah kedudukan *control point* untuk menyesuaikan bentuk *surface* dengan *lines* pada *background lines plan* dan hal tersebut dilakukan untuk setiap pandangan (*Bodyplan*, *Profile*, dan *Plan*). Gambar 3.9 adalah proses penyesuaian kedudukan *control point* pada tiap-tiap pandangan.




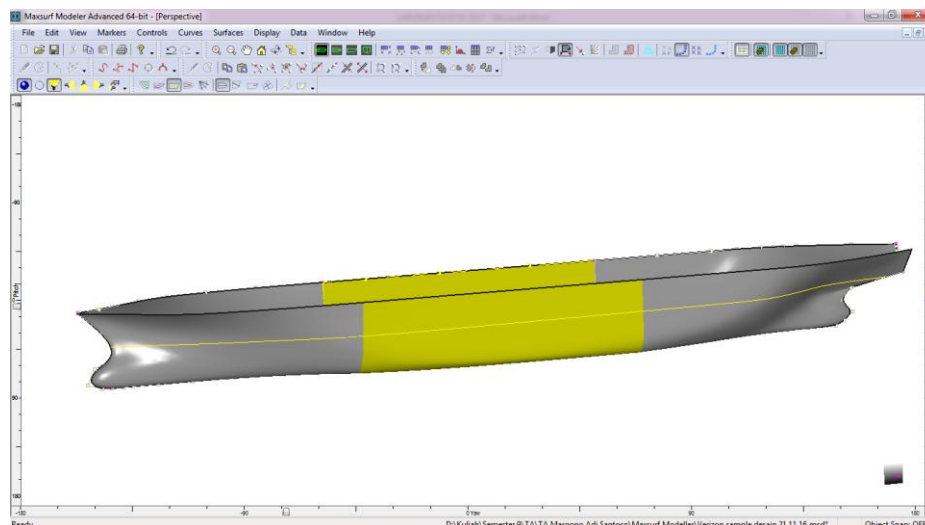
Gambar 3.9 Proses penyesuaian kedudukan *control point*

Untuk mempermudah penyesuaian model kapal, maka dapat digunakan tingkat fleksibilitas dari *surface* yaitu dengan menggantinya pada Tabel *surface properties*. Di dalam Tabel *surface properties* terdapat *surface type*, *surface stiffness*, tampilan warna *surface*, kolom *namasurface*, dan lain-lain. Untuk merubah tingkat fleksibilitas dilakukan dengan merubah *surface stiffness*. Gambar 3.10 adalah contoh Tabel *surface properties* yang ada di dalam Maxsurf Modeller student version:



Gambar 3.10 Tabel *surface properties*

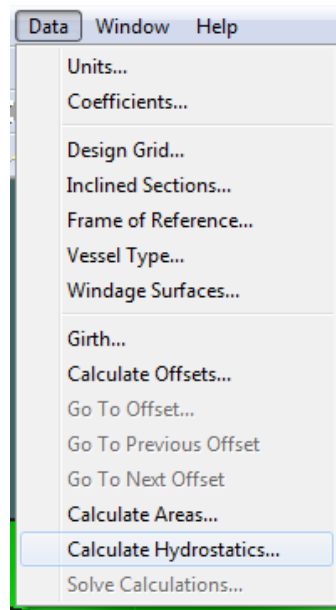
Pada sambungan antara blok-blok digunakan perintah *Bondedge* . Tool ini digunakan untuk menyatukan *surface* yang satu dengan yang lain dengan syarat bahwa *surface stiffness* dan jumlah *control point* masing-masing *surface* adalah sama. Metode tersebut dilakukan untuk setiap blok-blok yang direncanakan. Setelah semua blok-blok model kapal telah selesai dibuat, maka akan didapatkan sebuah model kapal. Gambar 3.11 adalah model lambung kapal MV VERIZON yang telah dibuat.



Gambar 3.11 Model lambung MV VERIZON

5. Pengecekan data hidrostatik

Setelah model kapal telah selesai, langkah selanjutnya adalah memeriksa kecocokan model dalam segi ukuran utama kapal dan karakteristik kapal yang lainnya. Hal-hal yang diperiksa antara lain *displacement*, *Water Plan Area*, TPC, panjang, lebar, tinggi, dan sarat kapal, serta pemeriksaan panjang LWL kapal. Untuk mengetahui nilai ukuran utama model kapal dan karakteristik lainnya pada Maxsurf adalah dengan cara klik *Data > Calculate Hidrostatic*.



Gambar 3.12 Langkah pengecekan hidrostatik

Setelah mengetahui ukuran-ukuran pada model, maka selanjutnya dibandingkan dengan ukuran kapal yang sebenarnya. Prosentase selisih antara ukuran model dengan ukuran kapal sebenarnya disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Hidrostatik

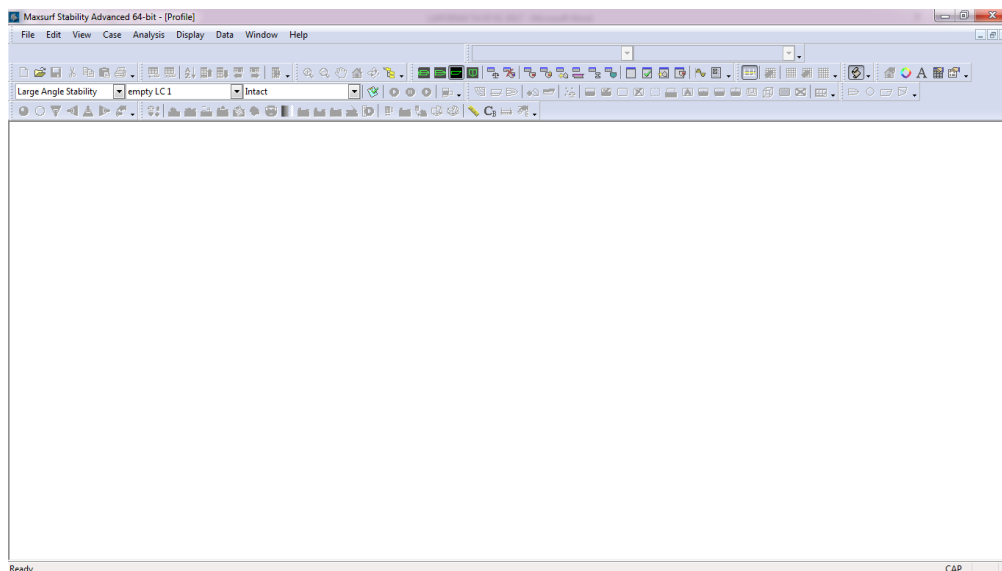
Hidrostatik at DWL		
Displacement	20372	Ton
Volume (displaced)	19875,002	m ³
Immersed depth	8,814	M
WL Length	141,373	M
Beam max extents on WL	24,996	M
Wetted Area	4387,193	m ²
Waterpl. Area	2655,895	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,684	
Block coeff. (Cb)	0,671	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,982	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,791	
Immersion (TPc)	27,223	tonne/cm

Tabel 3.2 Pengecekan data hidrostatik

No	ITEM	DATA	MODEL	SELISIH
1	<i>Displacement</i>	20372,1	20372	0%
2	<i>Draft</i>	8,814	8,814	0%
3	<i>Lwl</i>	141,25	141,373	0%
4	<i>Waterplan Area</i>	2746,34	2655,895	-3%
5	<i>Tpc</i>	28,15	27,223	-3%
6	<i>Beam</i>	25	24,996	0%

6. Pemodelan tangki pada Maxsurf *Stability*

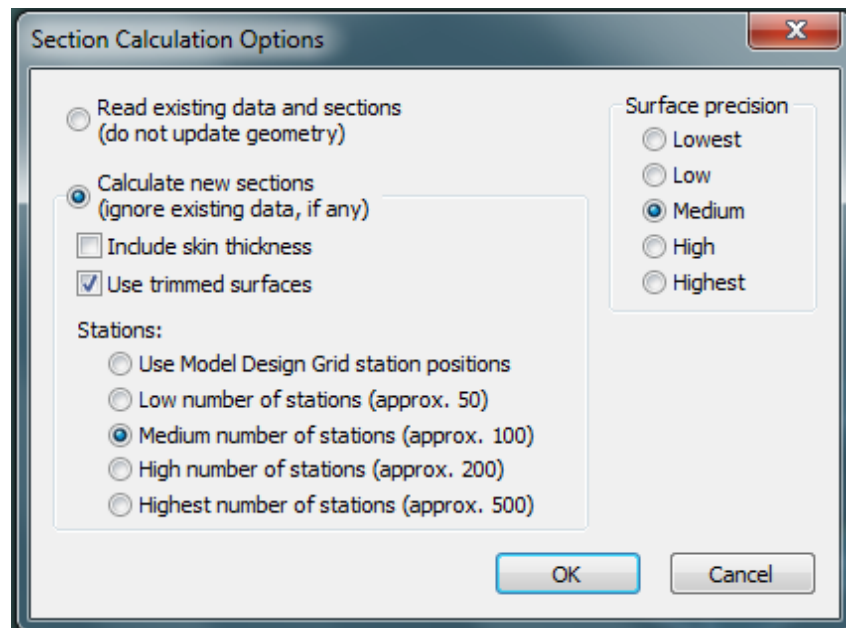
Setelah bagian terluar atau kulit kapal telah sesuai, maka selanjutnya dibuat tangki-tangki atau kompartemen. Pembuatan tangki-tangki pada kapal dilakukan dengan program *Maxsurf Stability student version*. Untuk mengetahui panjang, lebar, dan tinggi tangki serta posisi tangki dibutuhkan rencana umum dari MV VERIZON. Terlebih dahulu buka program *Maxsurf Stability student version* dengan cara *Start > Program > Maxsurf > Maxsurf Stability student version*. Setelah mengaktifkan program tersebut, maka akan muncul tampilan grafis seperti terlihat pada Gambar 3.13 sebagai berikut:




Gambar 3.13 Tampilan maxsurf *stability*

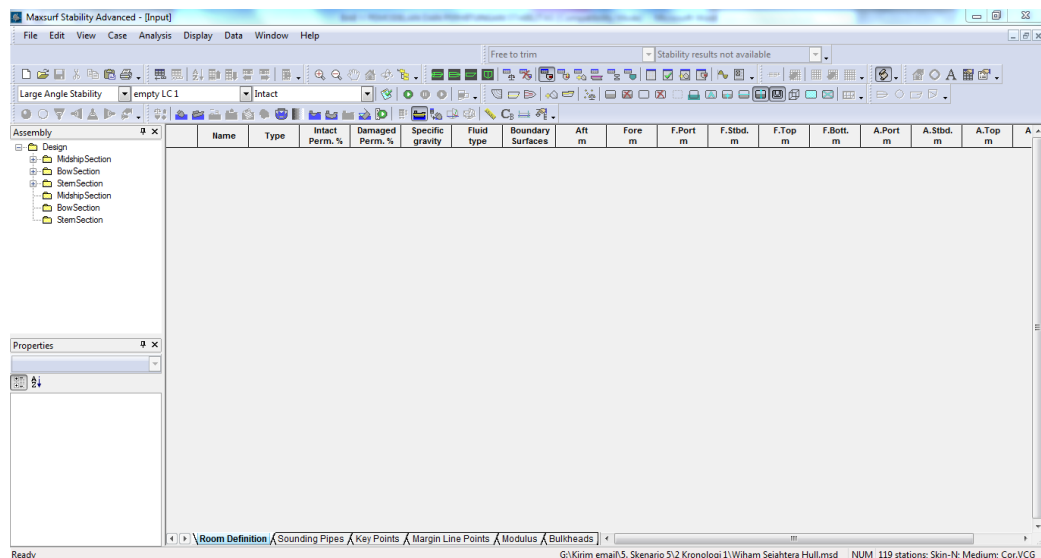
Langkah selanjutnya adalah dengan membuka file model Maxsurf yang telah dibuat sebelumnya. Untuk membuka file tersebut yang perlu dilakukan adalah klik menu *File > Open Design >* pilih model kapal yang sudah dibuat sebelumnya. Kemudian akan muncul pilihan *Section Calculation Option* yang bertujuan untuk menentukan tingkat presisi dari *surface* dan jumlah dari *section* yang akan dibuat.

Gambar 3.14 adalah tampilan *window Section Calculation Option* pada Maxsurf *Stability student version*.



Gambar 3.14 Pengaturan presisi dari *surface*

Setelah model kapal yang telah dibuat dari Maxsurf muncul, maka langkah selanjutnya adalah membuat tangki-tangki pada kapal dengan cara klik menu *Window > Input > Room Definition* atau klik icon . Gambar 3.15 adalah contoh tampilan *Room Definition Window* pada Maxsurf *Stability student version*.




Gambar 3.15 Tampilan *room definition*

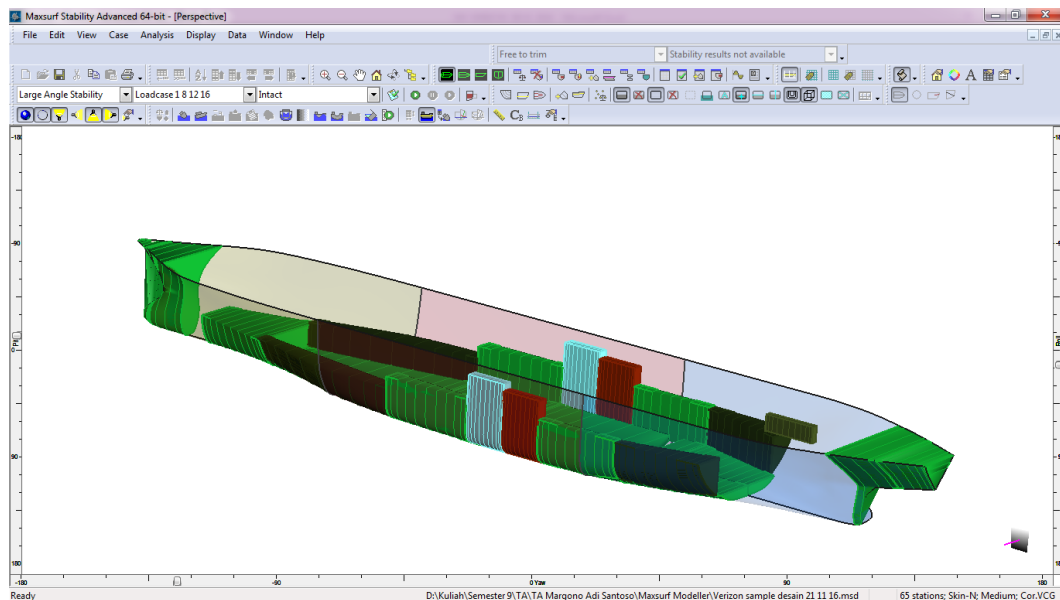
Di dalam *Room Definition Window* terdapat kolom-kolom pada Tabel. Selanjutnya dibuat tangki-tangki dengan memasukkan titik koordinat tangki sesuai dengan data *General Arrangement* secara 3 dimensi. Nama tangki dan tipe

fluida yang disimpan pada tangki juga perlu dimasukkan. *Input* data tangki dapat dilihat pada Gambar 3.16:

	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Boundary Surfaces	Aft m	Fore m	F.Port m	F.Stbd. m	F.Top m	F.Bott. m
1	FUEL OIL TANK 1 (P)	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	none	81,18	109,58	-12,5	-7	7,2	0
2	FUEL OIL TANK 2 (S)	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	none	81,18	109,58	7	12,5	7,2	0
3	FUEL OIL TANK 3 (P)	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	none	25,8	40	-12,5	-10,9	7,2	0
4	FUEL OIL TANK 4 (S)	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	none	25,8	40	10,9	12,5	7,2	0
5	DESEL OIL TANK 1 (P)	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	53,49	59,88	-12,5	-10,9	7,2	0
6	DESEL OIL TANK 2 (S)	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	53,49	59,88	10,9	12,5	7,2	0
7	F.W.T 1 (P)	Tank	100	100	1	Fresh Wate	none	59,88	66,27	-12,5	-10,9	7,2	0
8	F.W.T 2 (S)	Tank	100	100	1	Fresh Wate	none	59,88	66,27	10,9	12,5	7,2	0
9	LUBRICATION OIL (C)	Tank	100	100	0,92	Lube Oil	none	14,6	22,6	-0,5	0,5	12,8	10,378
10	F.P.W.B.T (C)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	128,75	139,429	-12,5	12,5	12,8	0
11	W.B.T 1 (C)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	109,58	123,78	-8	8	5	0
12	W.B.T 2 (P)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	81,18	109,5	-3	0	1,5	0
13	W.B.T 3 (S)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	81,18	109,5	0	3	1,5	0
14	W.B.T 4 (P)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	66,27	81,18	-9,73	0	1,5	0
15	W.B.T 5 (S)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	66,27	81,18	0	9,73	1,5	0
16	W.B.T m (P)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	40	66,27	-10,9	0	1,5	0
17	W.B.T m (S)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	40	66,27	0	10,9	1,5	0
18	W.B.T 6 (P)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	25	40	-10,9	0	1,5	0
19	W.B.T 7 (S)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	25	40	0	10,9	1,5	0
20	HEELING TANK 1 (P)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	66,27	81,18	-12,5	-9,73	7,2	0
21	HEELING TANK 2 (S)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	66,27	81,18	9,73	12,5	7,2	0
22	SIDE BALLAST TANK 1	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	40	53,49	-12,5	-10,9	7,2	0
23	SIDE BALLAST TANK 2	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	40	53,49	10,9	12,5	7,2	0
24	A.P.W.B.T (C)	Tank	100	100	1,025	Water Balla	none	-6,218	6,6	-12,5	12,5	12,8	0

Gambar 3.16 Hasil input data tangki

Setelah memasukkan data-data tangki dan kompartemen yang diperlukan, selanjutnya klik icon  update value *in loadcase* untuk memunculkan tangki dan kompartemen tersebut pada kapal model. Maka tangki akan muncul pada model seperti yang terlihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Tangki-tangki kapal

3.2.4 Penentuan variasi trim

Pada Tugas Akhir ini percobaan dilakukan pada beberapa kondisi trim kapal namun dalam nilai displasemen yang sama. Sebelum menentukan variasi trim harus diketahui batas maksimal trim yang memenuhi persyaratan. Batasan trim maksimal yang diijinkan adalah

selisih antara LCB dengan LCG kapal tidak lebih dari 1% Lpp kapal. Sehingga dapat dinyatakan bahwa trim maksimal yang memenuhi kriteria stabilitas memanjang kapal (trim) adalah jarak antara LCB dan LCG kapal sama dengan 1% Lpp.


Besarnya trim didefinisikan dalam persamaan:

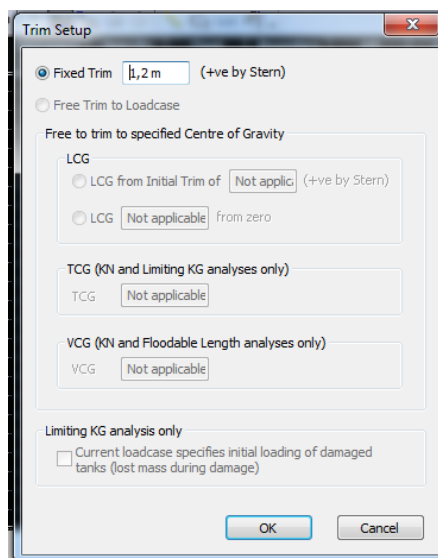
$$Trim = \frac{(LCB - LCG)Lpp}{Gml}$$

Ini menunjukkan bahwa besarnya trim maksimal yang diijinkan adalah sebesar:

$$Trim \text{ maksimal} = \frac{1\% LPP^2}{Gml}.$$


Pada proses pencarian data (*deck abstract log*) catatan trim pada kapal MV VERIZON adalah 6,7 m pada sarat haluan dan 7,9 m pada sarat buritan. Dari data tersebut dicari berapa besarnya displasemen kapal dan sarat kapal pada kondisi *even keel* untuk nilai displasemen yang sama. Dengan bantuan software maxsurf *stability* kita dapat melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

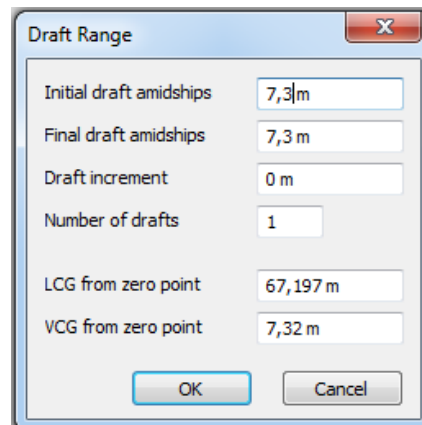
- Buka software maxsurf *stability* seperti pada saat pembuatan tangki kapal.
- Buka model kapal yang telah kita buat dengan langkah *File > Open Design >* pilih model kapal yang sudah dibuat sebelumnya.
- Atur kondisi trim sesuai dengan data yang kita peroleh yaitu trim buritan sebesar 1,2 m dengan langkah klik icon . Kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar dibawah.



Gambar 3.18 Kotak dialog pengaturan trim

Isi besarnya nilai trim yang diinginkan selanjutnya klik OK.

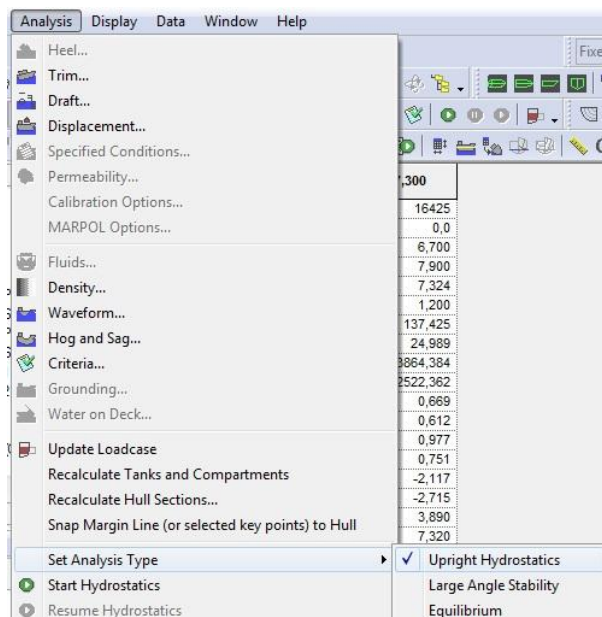
- d. Atur besarnya sarat kapal pada midship dengan cara klik icon . Kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar dibawah.



Gambar 3.19 Kotak dialog pengaturan *draft* kapal

Isi besarnya *draft* at midship yaitu sebesar rata-rata antara sarat haluan dan sarat buritan kapal, kemudian klik OK.

- e. Mencari displacement kapal dengan analisi hidrostatik dengan cara klik *Analysis > Set analysis type > pilih Upright Hydrostatics*.




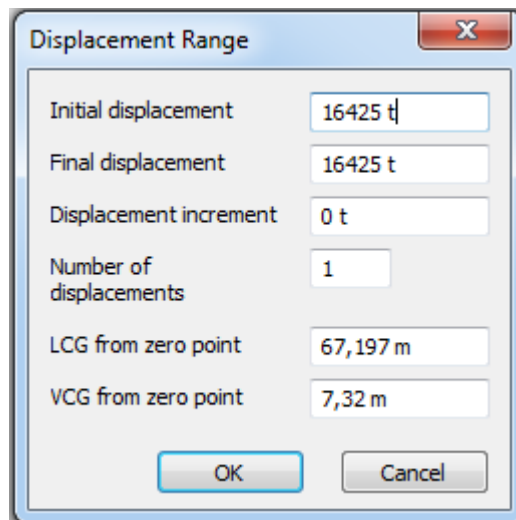
Gambar 3.20 Pilihan type analisis

Dan hasilnya adalah displacement kapal sebesar 16425 ton.

	Draft Amidships m	7,300
1	Displacement t	16425
2	Heel deg	0,0
3	Draft at FP m	6,700
4	Draft at AP m	7,900
5	Draft at LCF m	7,324
6	Trim (+ve by stern) m	1,200
7	WL Length m	137,425
8	Beam max extents on WL m	24,989
9	Wetted Area m ²	3864,384
10	Waterpl. Area m ²	2522,362
11	Prismatic coeff. (Cp)	0,669
12	Block coeff. (Cb)	0,612
13	Midship Sect. area coeff. (Cm)	0,977
14	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,751
15	LCB from amidsh. (+ve fwd) m	-2,117
16	LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-2,715
17	KB m	3,890
18	KG m	7,320
19	BMT m	6,804
20	BML m	149,904
21	GMt m	3,355
22	GML m	146,455
23	KMt m	10,693
24	KML m	153,788
25	Immersion (TPc) tonne/cm	25,854
26	MTc tonne.m	178,992
27	RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	961,725
28	Max deck inclination deg	0,5116
29	Trim angle (+ve by stern) deg	0,5116

Gambar 3.21 Hasil displasemen model

- f. Mencari sarat pada kondisi *even keel*. Pertama kita harus mengatur trim kapal menjadi 0 seperti pada langkah c. Kemudian kita mengatur besarnya displacement kapal dengan cara klik pada icon . Kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar dibawah.



Displacement Range

Initial displacement: 16425 t

Final displacement: 16425 t

Displacement increment: 0 t

Number of displacements: 1

LCG from zero point: 67,197 m

VCG from zero point: 7,32 m

OK Cancel

Gambar 3.22 Kotak dialog pengaturan displasemen

Isi nilai displacement sesuai dengan yang sudah kita dapatkan pada langkah sebelumnya yaitu 16425 ton. Kemudian start analysis hidrostatics seperti pada langkah e. Sehingga didapatkan sarat kapal pada kondisi *even keel* yaitu 7,32 m.

	Draft Amidships m	7,320
1	Displacement t	16425
2	Heel deg	0,0
3	Draft at FP m	7,320
4	Draft at AP m	7,320
5	Draft at LCF m	7,320
6	Trim (+ve by stern) m	0,000
7	WL Length m	134,783
8	Beam max extents on WL m	24,989
9	Wetted Area m ²	3857,721
10	Waterpl. Area m ²	2505,220
11	Prismatic coeff. (Cp)	0,667
12	Block coeff. (Cb)	0,652
13	Midship Sect. area coeff. (Cm)	0,977
14	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,746
15	LCB from amidsh. (+ve fwd) m	-0,798
16	LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-1,849
17	KB m	3,884
18	KG m	7,320
19	BMT m	6,798
20	BML m	145,991
21	GMt m	3,362
22	GML m	142,554
23	KMt m	10,682
24	KML m	149,874
25	Immersion (TPc) tonne/cm	25,679
26	MTc tonne.m	174,222
27	RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	963,690
28	Max deck inclination deg	0,0000
29	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000

Gambar 3.23 Data hidrostatik kapal model dalam *even keel*

Selain mendapatkan nilai sarat pada kondisi *even keel* kita juga mendapatkan nilai dari Gml dan Lpp kapal sehingga kita bisa menghitung Trim maksimal yang diijinkan.

$$\begin{aligned} Lpp &= 134,78 \text{ m} \\ Gml &= 142,55 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TRIM}_{\text{max}} &= 1\% \cdot Lpp \cdot Lpp / Gml \\ &= 1,27 \text{ m} \end{aligned}$$



Trim maksimal yang diijinkan sebesar 1,27 m. Sesuai dengan batasan masalah pada BAB I variasi trim adalah 5 variasi trim buritan, 5 variasi trim haluan dan *even keel*.

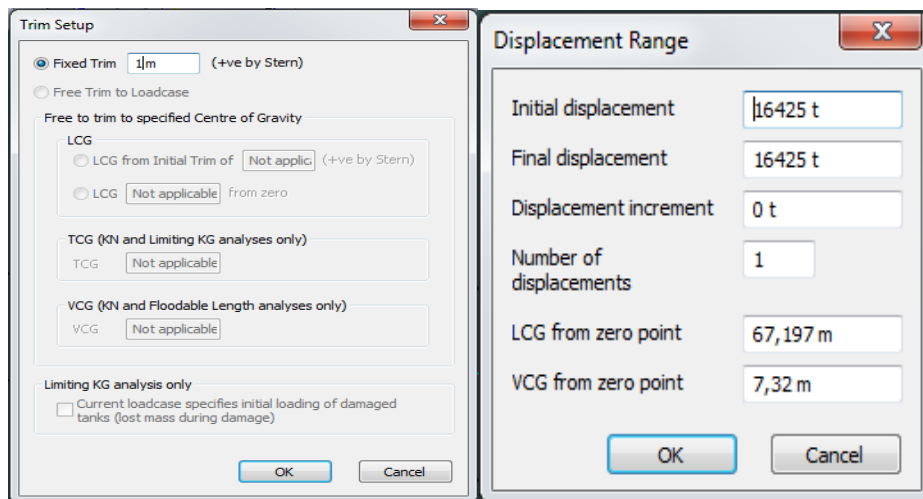
3.2.5 Perhitungan Hambatan dan Power Kapal dengan Metode Holtrop

Perhitungan hambatan kapal (metode holtrop) dilakukan dengan software Maxsurf *Resistance*. Langkah-langkah perhitungan hambatan kapal dengan metode Holtrop & Mennen dijelaskan pada buku Principle of Naval Architectura volume 2. Pada penelitian ini perhitungan hambatan kapal dilakukan menggunakan software Maxsurf *Resistance* dengan metode Holtrop.

Tahapan tahapan dalam menghitung hambatan kapal dengan software maxsurf *resistance* adalah sebagai berikut:

4. Mencari besarnya sudut trim pada setiap kondisi variasi trim kapal.

Mencari besarnya sudut trim kapal diperlukan untuk melakukan rotasi model kapal sehingga kapal dalam keadaan trim. Seperti pada saat menentukan variasi trim, kita buka model kapal pada Maxsurf *stability* dengan langkah dengan langkah *File > Open Design >* pilih model kapal yang sudah dibuat sebelumnya. Selanjutnya kita atur besarnya nilai trim dengan klik pada icon  dan mengatur nilai displasemen dengan klik pada icon . Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis hidrostatik dengan cara klik *Analysis > Set analysis type >* pilih *Upright Hydrostatics*.



Gambar 3.24 Pengatur trim dan displasemen

Sebagai contoh kita gunakan variasi trim buritan 1m. Seperti pada Gambar diatas kita menginputkan besarnya nilai trim adalah 1 m buritan dan displacement 16425 ton.

11	Prismatic coeff. (Cp)	0,669
12	Block coeff. (Cb)	0,618
13	Midship Sect. area coeff. (Cm)	0,977
14	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,750
15	LCB from amidsh. (+ve fwd) m	-1,894
16	LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-2,567
17	KB m	3,888
18	KG m	7,320
19	BMT m	6,803
20	BML m	149,176
21	GMT m	3,356
22	GML m	145,730
23	KMT m	10,690
24	KML m	153,060
25	Immersion (TPc) tonne/cm	25,821
26	MTc tonne.m	178,103
27	RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	962,096
28	Max deck inclination deg	0,4263
29	Trim angle (+ve by stern) deg	0,4263

Gambar 3.25 Data hidrostatik dan trim *angle*

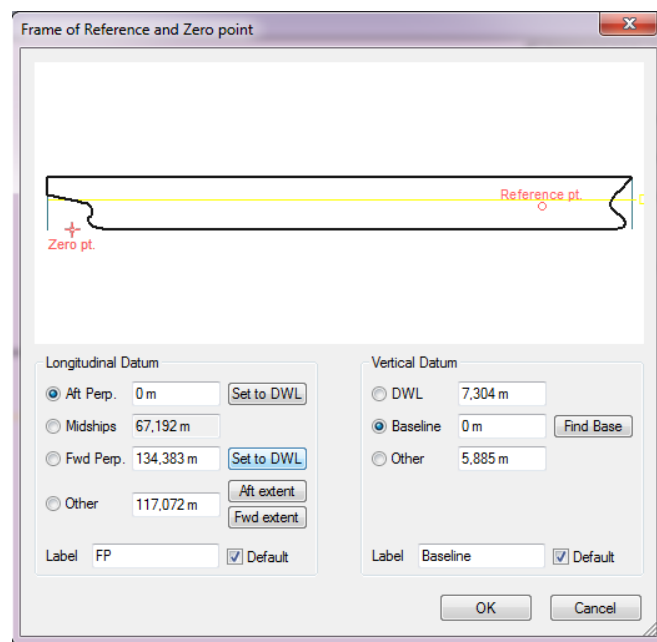
Setelah dilakukan analisis hidrostatik didapatkan data kapal seperti ditunjukkan Tabel diatas termasuk besarnya trim *angle* yaitu sebesar 0,4263 deg.

5. Merotasi model pada Maxsurf *Modeller*.

Perotasian model dilakukan karena pada maxsurf *resistance* tidak ada icon yang dapat digunakan untuk mengatur trim kapal maupun merotasi model kapal. Rotasi yang dilakukan adalah rotasi pada transversal axis kapal. Sehingga kondisi longitudinal dan vertical axis kapal tidak mengalami perubahan.

Untuk melakukan rotasi model langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

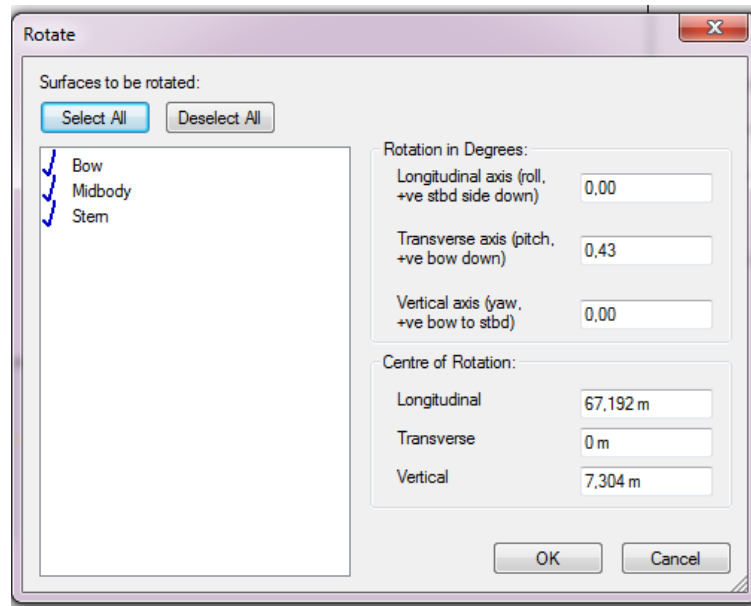
- a. Buka model kapal pada maxsurf *modeller*.
- b. Atur besarnya sarat kapal dan nilainya diatur sama dengan sarat *midship* kapal pada hasil analisis hidrostatik kapal. Untuk trim buritan 1 m besarnya sarat *midship* kapal adalah 7,304 m. Untuk mengatur sarat kapal dapat lakukan langkah klik data > *frame of reference*. Kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar 3.25.



Gambar 3.26 Dialog frame of reference

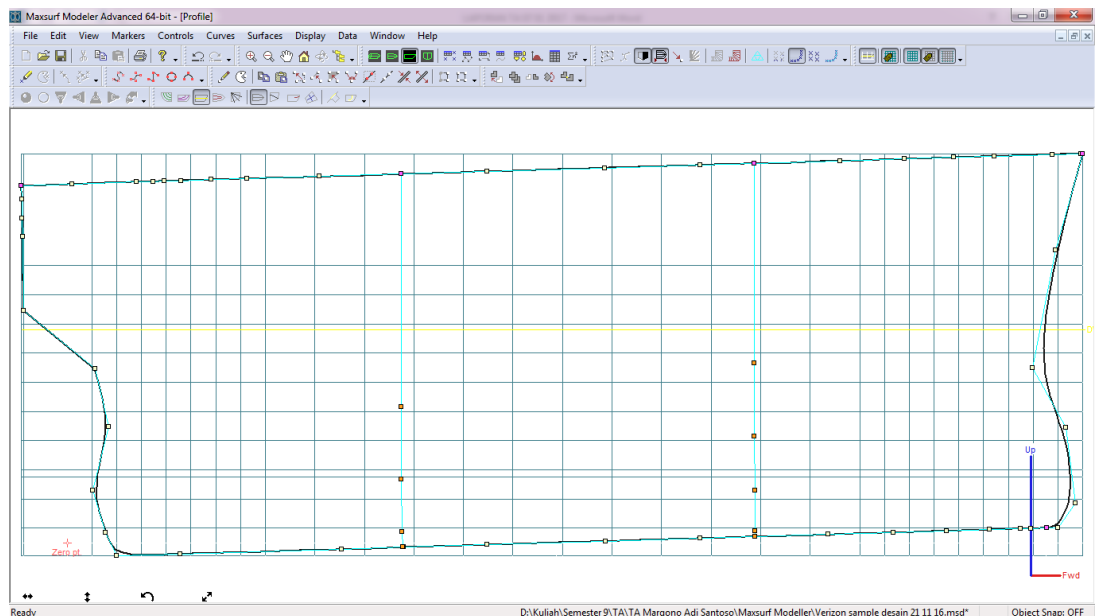
Pada kolom DWL isi dengan besarnya sarat *midship* yaitu 7,404 m. Kemudian klik OK.

- c. Rotasi seluruh *surface* sebesar 0,4263 deg. Untuk merotasi *surface* dapat dilakukan dengan klik *surface* > *Rotate Surface*. Kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar 3.27.



Gambar 3.27 Kotak dialog rotasi *surface* kapal

Pilih *surface* yang akan dirotasi dengan klik *select all*. Kemudian atur titik rotasi yaitu pada *midship* dan sarat pada *midship* kapal agar sarat *midship* nilainya tetap. Masukkan sudut rotasi yaitu sebesar 0,4263 deg. Kita gunakan nilai negatif karena tertulis *pitch*. +ve *bow down* sedangkan kondisi kapal saat pengujian adalah trim buritan. Langkah terakhir adalah klik OK.




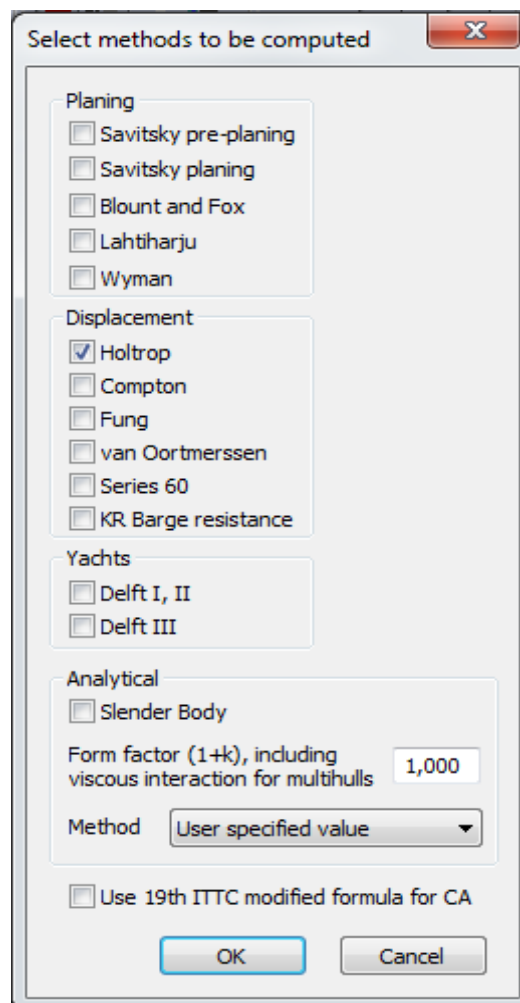
Gambar 3.28 Tampilan model setelah dirotasi

Model yang sudah dirotasi selanjutnya disimpan (*save as*) dan dianalisis pada maxsurf *resistance*.

6. Menghitung hambatan dan power dengan software maxsurf *resistance*


Perhitungan hambatan kapal dengan metode holtrop dilakukan pada software Maxsurf *Resistance*. Model yang digunakan adalah model yang telah dirotasi pada Maxsurf *modeller* sehingga kondisi model sudah dalam keadaan trim. Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis hambatan adalah sebagai berikut:

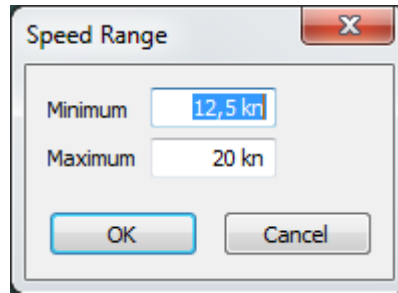
- a. Buka model yang akan dianalisis dengan cara klik *file > open design > pilih file > open*.
- b. Pilih metode yang akan dipilih dengan cara klik icon . Kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar 3.29.



Gambar 3.29 Kotak dialog pilihan metode hambatan kapal

Pada penelitian ini menggunakan metode Holtrop dalam perhitungan hambatan kapal.

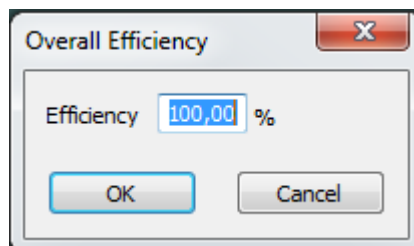
- c. Atur variasi *range* kecepatan kapal dengan cara klik icon , kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar 3.30.



Gambar 3.30 Kotak dialog variasi *range* kecepatan


Isikan *range* kecepatan yang diinginkan, kemudian klik OK.

- d. Atur nilai *efficiency* kapal dengan cara klik *Analysis > Efficiency*. Kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar 3.31.



Gambar 3.31 Kotak dialog pengaturan efisiensi

Isikan besarnya nilai *efficiency* yang telah dihitung, kemudian klik OK.


- e. Untuk melihat hasil perhitungan hambatan dan power kapal klik icon . Data perhitungan akan disajikan seperti Gambar 3.32.

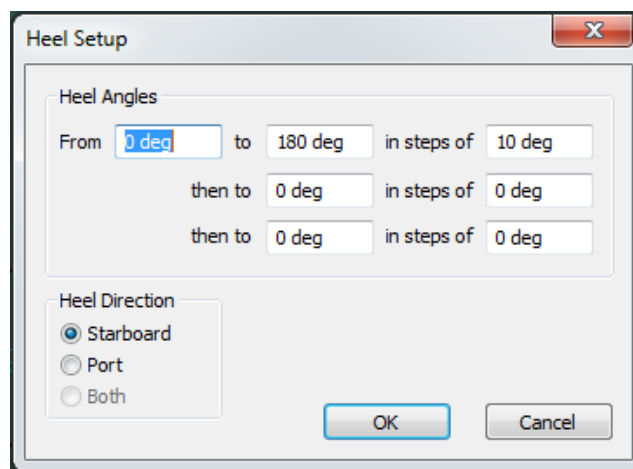
	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (hp)
1	12.500	0.175	0.409	202.6	1746.837
2	12.688	0.178	0.415	209.2	1831.319
3	12.875	0.181	0.421	216.1	1919.319
4	13.063	0.183	0.427	223.2	2011.012
5	13.250	0.186	0.433	230.5	2106.583
6	13.438	0.189	0.440	238.0	2206.222
7	13.625	0.191	0.446	245.8	2310.125
8	13.813	0.194	0.452	253.8	2418.494
9	14.000	0.197	0.458	262.1	2531.541
10	14.188	0.199	0.464	270.7	2649.496
11	14.375	0.202	0.470	279.6	2772.616
12	14.563	0.204	0.476	288.8	2901.193
13	14.750	0.207	0.483	298.3	3035.551
14	14.938	0.210	0.489	308.2	3176.040
15	15.125	0.212	0.495	318.5	3323.019
16	15.313	0.215	0.501	329.1	3476.824
17	15.500	0.218	0.507	340.2	3637.746
18	15.688	0.220	0.513	351.7	3806.004
19	15.875	0.223	0.519	363.6	3981.732
20	16.063	0.225	0.525	375.9	4164.989
21	16.250	0.228	0.532	388.5	4355.781
22	16.438	0.231	0.538	401.6	4554.114
23	16.625	0.233	0.544	415.0	4760.052
24	16.813	0.236	0.550	428.8	4973.782
25	17.000	0.239	0.556	443.0	5195.678
26	17.188	0.241	0.562	457.6	5426.345
27	17.375	0.244	0.568	472.7	5666.639
28	17.563	0.247	0.575	488.4	5917.670
29	17.750	0.249	0.581	504.7	6180.775
30	17.938	0.252	0.587	521.8	6457.474
31	18.125	0.254	0.593	539.8	6749.410
32	18.313	0.257	0.599	558.7	7058.272
33	18.500	0.260	0.605	578.7	7385.710
34	18.688	0.262	0.611	599.8	7733.748

Gambar 3.32 Data hasil perhitungan hambatan kapal

3.2.6 Pengecekan stabilitas kapal dengan maxsurf *stability*


Pengecekan stabilitas kapal dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

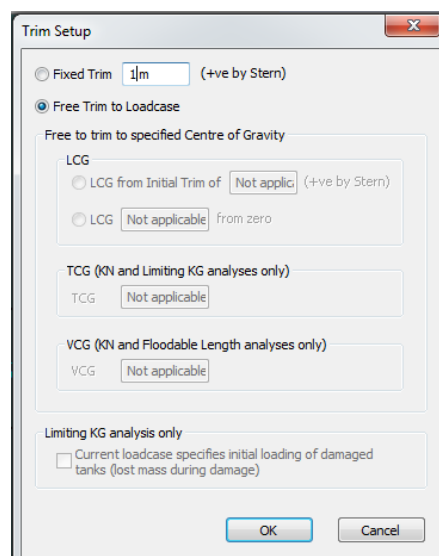
1. Buka model kapal pada maxsurf *stability* dengan langkah klik *file > open design > pilih file > open*.
2. Atur sudut heel dengan cara klik icon , sehingga muncul kotak dialog seperti Gambar 3.33.



Gambar 3.33 Kotak dialog pengaturan sudut heel

Isikan heels *angle*, kemudian klik OK.

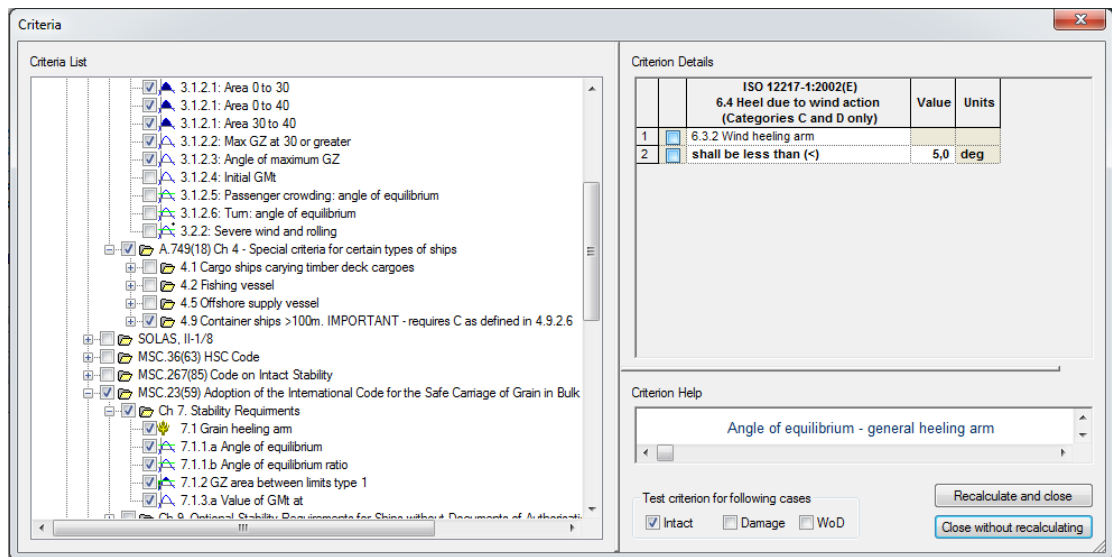
3. Atur kondisi trim kapal dengan cara klik icon  dan muncul kotak dialog seperti Gambar dibawah.




Gambar 3.34 Trim setup

Atur kondisi trim kapal kemudian klik OK.

4. Atur kriteria stabilitas dengan cara klik icon  dan pilih kriteria stabilitas yang digunakan.



Gambar 3.35 Pengaturan kriteria stabilitas

5. Jalankan analisis stabilitas dengan cara klik *analysis > Set Analysis Type > Large Angle Stability*. Untuk mengecek stabilitas kapal memenuhi atau tidak klik ikon , kemudian akan muncul Tabel hasil pengecekan stabilitas.

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	Ch 7. Stability Requirements					
2	7.1 Grain heeling arm					
3	Heeling arm = $(1 - \text{abs}(\phi)) \cdot (1 - f) / \phi$					
4	volHil = volumetric heeling moment	15,000	m.m ³			
5	sFact = stowage factor	1,282	cu.m/tonne			
6	f = factor of heel arm at heel angle phi	0.8				
7	phi1 = heel angle at which heeling arm is intermediate values	40.0	deg			
8	Heel arm amplitude		m	0.001		
10	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships				Pass	
11	3.1.2.1: Area 0 to 30					
12	from the greater of					
13	spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
14	to the lesser of					
15	spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
16	angle of vanishing stability	74.1	deg			
17	shall not be less than (>=)	3,1513	m.deg	23,5057	Pass	+645.90
18	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships				Pass	
19	3.1.2.1: Area 0 to 40					
20	from the greater of					
21	spec. heel angle	0.0	deg	0.0		
22	to the lesser of					
23	spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
24	first downflooding angle	n/a	deg			
25	angle of vanishing stability	74.1	deg			
26	shall not be less than (>=)	5,1566	m.deg	41,0958	Pass	+696.96
27	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships				Pass	
28	3.1.2.1: Area 30 to 40					
29	from the greater of					
30	spec. heel angle	30.0	deg	30.0		
31	to the lesser of					
32	spec. heel angle	40.0	deg	40.0		
33	first downflooding angle	n/a	deg			
34	angle of vanishing stability	74.1	deg			
35	shall not be less than (>=)	1,7189	m.deg	17,5992	Pass	+923.34

Gambar 3.36 Hasil pengecekan stabilitas

3.2.7 Perhitungan EEDI (Energy Efficiency Design Index)

EEDI menunjukkan besarnya emisi gas buang yang dihasilkan oleh kapal. Perhitungan EEDI dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah kapal tergolong dalam kapal ramah lingkungan. Perhitungan emisi gas buang yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah CO₂ dan NO_x.

halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Data kapal

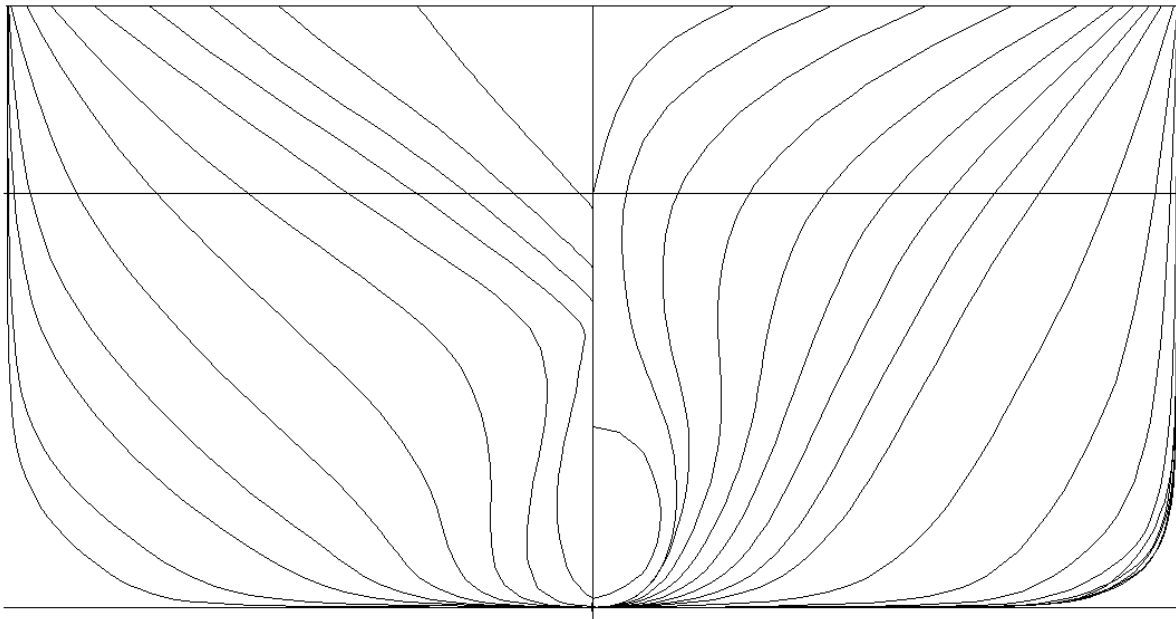
Pada tugas akhir ini kapal yang dianalisis adalah kapal MV VERIZON milik PT SALAM PACIFIC INDONESIA LINE. Kapal ini merupakan kapal kontainer yang mempunyai jalur pelayaran Surabaya –Belawan-Surabaya.

Tabel 4.1 *Principal dimension* kapal

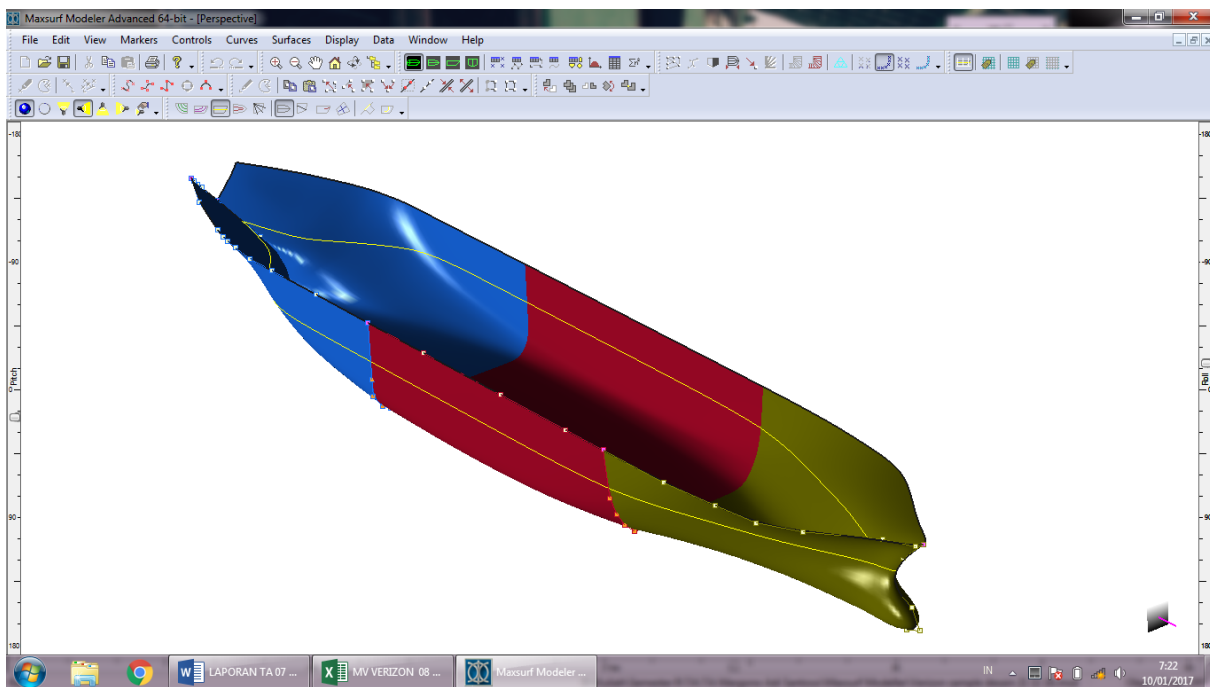
Nama Kapal	=	MV VERIZON	
LOA	=	145,68	m
LPP	=	136	m
B	=	25	m
H	=	12,8	m
T	=	8,814	m
LWT	=	4965	ton
DWT	=	15407,1	ton
GT	=	11788	
NT	=	6625	
Main Engine	=	6S50 MC (MARK-V)	
max output	=	11640 PS x 127 RPM	
normal output	=	10150 PS x 121 RPM (87.2% MCR)	
Speed Trial max	=	19,767	knots
Service	=	17,3	knots
CLASS	=	NIPPON KAIJI KYOKAI (NK)	
Number of container	=	800	teus

4.2 Pembuatan model kapal

Dari data kapal yang diperoleh, dapat dibuat model kapal 3D yang akan digunakan untuk analisa hambatan pada software Maxsurf *Resistance* dan analisa stabilitas pada Maxsurf *Stability*. Pada pembuatan model kapal software yang dipakai adalah Auto Cad 2007 untuk membuat *linesplan*, kemudian diimport ke software Maxsurf *Modeller*. Setelah itu model kapal diexport ke Maxsurf *Resistance* dan Maxsurf *Stability* untuk dianalisa hambatan dan stabilitasnya.



Gambar 4.1 Hasil pembuatan body plan kapal pada Auto Cad



Gambar 4.2 Model kapal 3D menggunakan Maxsurf *Modeller*

4.3 Penentuan variasi trim

Batas trim yang diijinkan untuk sebuah kapal dilihat dari jarak antara LCB dan LCG kapal. Jarak antara kedua parameter tersebut tidak boleh lebih dari 1% panjang LPP kapal (Andrianto, 2013). Penentuan variasi trim dilakukan berdasarkan batas trim maksimal

yang diijinkan. Dari batas trim maksimal yang diijinkan dibuat 11 variasi yang terdiri atas 5 kondisi trim haluan, 5 kondisi trim buritan dan *even keel* seperti pada Tabel 4.2 dibawah.

Tabel 4.2 Variasi trim

	16425 Ton										
	Trim haluan					E.K	Trim buritan				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Trim (m)	1,27	1	0,75	0,5	0,25	0	0,25	0,5	0,75	1	1,27
Trim (°)	-0,54	-0,43	-0,32	-0,21	-0,11	0,00	0,11	0,21	0,32	0,43	0,54
Ta (m)	6,70	6,83	6,95	7,08	7,20	7,32	7,44	7,56	7,68	7,80	7,93
Tf (m)	7,97	7,83	7,70	7,58	7,45	7,32	7,19	7,06	6,93	6,80	6,66

Penentuan variasi trim dilakukan dengan software Maxsurf *Stability* dengan 1 kondisi displasemen yaitu sebesar 16425 ton. Karena pada saat kapal mengalami trim nilai displasemen kapal tidak akan berubah(Larsen, Simonsen, Nielsen, Holm, 2012).

4.4 Analisa metode hambatan kapal

Tabel 4.3 Persyaratan dimensi metode perhitungan hambatan kapal

Metode	Persyaratan Dimensi				
Holtrop	0,55	<	Cp	<	0,85
	3,9	<	L/B	<	15
	2,1	<	B/T	<	4
Van Ootmerssen	8	<	L	<	80
	3	<	L/B	<	6,2
	0,5	<	Cp	<	0,73
	-8%	<	LCG/L	<	2,80%
	5	<	V	<	3000
	1,9	<	B/T	<	4
	0,7	<	Cm	<	0,97
	10	<	le	<	46
Series 60	0,6	<	Cb	<	0,8
	5,5	<	L/B	<	8,5
	2,5	<	B/T	<	4%
	-2,48%	<	LCB	<	3,51%
Compton	-0,13	<	LCG/L	<	-0,02
	4	<	L/B	<	5,2
	0,00368	<	V/L ³	<	0,00525
Fung	0,00057	<	V/L ³	<	0,01257
	1,696	<	B/T	<	10,204
	0,526	<	Cp	<	0,774
	0,556	<	Cx	<	0,994
	14,324 deg	<	le	<	23,673 deg

Analisa hambatan kapal pada tugas akhir ini menggunakan software *Maxsurf Resistance* v.20. Penentuan metode hambatan kapal yang digunakan dilakukan berdasarkan beberapa parameter dimensi kapal. Terdapat enam metode perhitungan hambatan kapal pada software *Maxsurf Resistance* yaitu metode Holtrop, Compton, Fung, Van Oortmerssen, Series 60 dan *KR Barge resistance*.

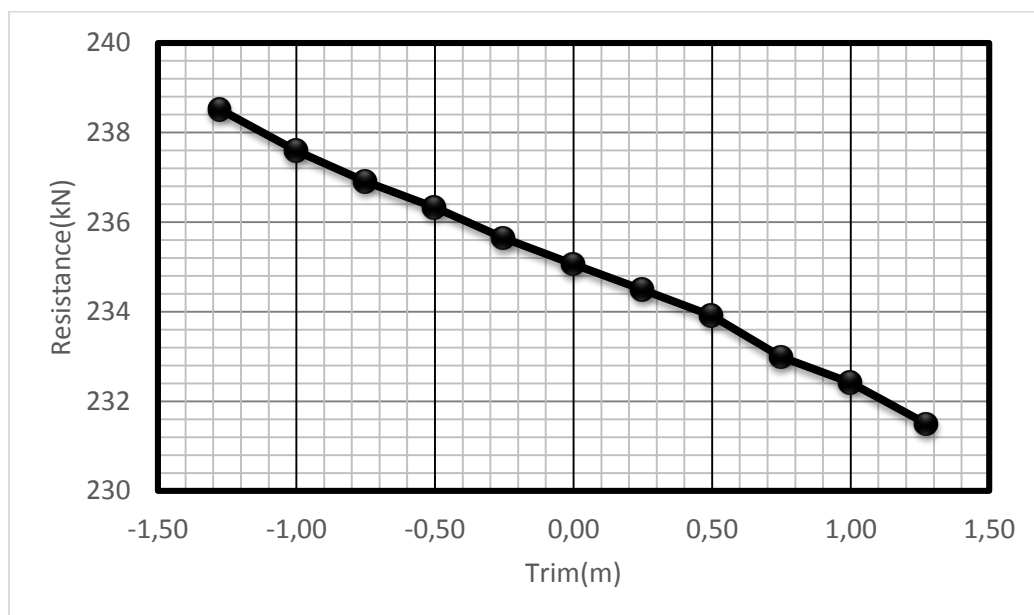
Dari hasil perhitungan berbagai parameter dimensi dari kapal pada Tabel 4.3 didapatkan bahwa model memenuhi persyaratan dimensi untuk perhitungan hambatan kapal menggunakan metode Holtrop, Series 60 dan Fung.

Pada modul *Maxsurf Resistance* disebutkan bahwa perhitungan algoritma pada metode holtrop dapat diaplikasikan untuk perhitungan hambatan kapal pada tipe kapal *tankers, general cargo, fishing vessels, tugs* dan *container ships*. Sementara perhitungan hambatan kapal dengan metode Compton didesain untuk kapal-kapal patroli dan *powerboat recreational* dengan bentuk lambung kapal memiliki transom. Sedangkan metode Series 60 dapat digunakan untuk menghitung hambatan kapal *general cargo* dengan satu *propeller*.

Berdasarkan penjelasan dari modul *Maxsurf Resistance* metode yang paling sesuai untuk perhitungan hambatan kapal MV VERIZON adalah metode Holtrop.

4.5 Analisa Hambatan Kapal

Berikut adalah hasil dari analisa hambatan kapal pada software *Maxsurf Resistance* dengan nilai displasemen sebesar 16425 ton.



Gambar 4.3 Hambatan kapal pada tiap variasi trim

Tabel 4.4 Hasil perhitungan hambatan kapal

	Trim haluan					<i>Even keel</i>
	1	2	3	4	5	6
Ta (m)	6,699	6,831	6,954	7,076	7,199	7,32
Tf (m)	7,969	7,831	7,704	7,576	7,449	7,32
Rt (Kn)	207,4	206,6	206	205,5	204,9	204,4
Rt+Koreksi	238,51	237,59	236,9	236,325	235,635	235,06
	Trim buritan					
	7	8	9	10	11	
Ta (m)	7,442	7,563	7,683	7,804	7,933	
Tf (m)	7,192	7,063	6,933	6,804	6,663	
Rt (Kn)	203,9	203,4	202,6	202,1	201,3	
Rt+Koreksi	234,485	233,91	232,99	232,415	231,495	

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui besarnya hambatan kapal untuk setiap variasi trim. Hambatan kapal merupakan fungsi dari massa jenis air laut, kecepatan kapal, luas permukaan basah kapal dan koefisien hambatan kapal. Massa jenis air laut dan kecepatan kapal bernilai konstan sehingga parameter yang mempengaruhi perubahan besarnya hambatan kapal pada variasi trim adalah luas permukaan basah dan koefisien hambatan kapal (Larsen, 2012). Dari hasil perhitungan hambatan kapal terlihat bahwa variasi trim yang menghasilkan hambatan kapal paling minimal adalah variasi trim ke sebelas yaitu trim buritan sebesar 1,27 m. Dengan kondisi $Ta = 7,933$ m dan $Tf = 6,663$ m hambatan kapal yang dihasilkan pada variasi trim ini adalah 231,495 kN. Saat kapal mengalami trim buritan luas permukaan basah akan bertambah karena bentuk badan kapal yang cenderung lebih gemuk pada bagian buritan. Akan tetapi nilai hambatan kapal pada hasil perhitungan saat kapal mengalami trim buritan lebih kecil. Hal ini menunjukkan pada saat kapal mengalami trim buritan nilai koefisien hambatan kapal menjadi lebih kecil. Untuk data perhitungan hambatan kapal menggunakan software *Maxsurf Resistance* dapat dilihat pada lampiran 3.

4.6 Analisa efisiensi kapal

Analisa efisiensi kapal dilakukan pada setiap kondisi variasi trim kapal. Langkah perhitungan dapat dilihat pada lampiran. Berikut ini adalah hasil perhitungan efisiensi kapal dari masing-masing kondisi variasi trim kapal.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan efisinsi kapal

	Trim haluan					Even Keel
	1	2	3	4	5	6
Ta (m)	6,699	6,831	6,954	7,076	7,199	7,32
Tf (m)	7,969	7,831	7,704	7,576	7,449	7,32
T	0,213	0,213	0,213	0,213	0,213	0,212
W	0,120	0,119	0,119	0,118	0,117	0,116
ηH	0,894	0,893	0,893	0,892	0,892	0,891
ηR	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980
ηo	0,500	0,501	0,502	0,503	0,504	0,504
ηS	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980
ηt	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975
η_{TOTAL}	0,4190	0,4195	0,4199	0,4202	0,4206	0,4206
	Trim buritan					
	7	8	9	10	11	
Ta (m)	7,442	7,563	7,683	7,804	7,933	
Tf (m)	7,192	7,063	6,933	6,804	6,663	
T	0,212	0,212	0,212	0,211	0,211	
W	0,116	0,115	0,114	0,113	0,112	
ηH	0,891	0,890	0,890	0,889	0,889	
ηR	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	
ηo	0,505	0,506	0,507	0,507	0,508	
ηS	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980	
ηt	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	
η_{TOTAL}	0,4213	0,4216	0,4222	0,4225	0,4231	

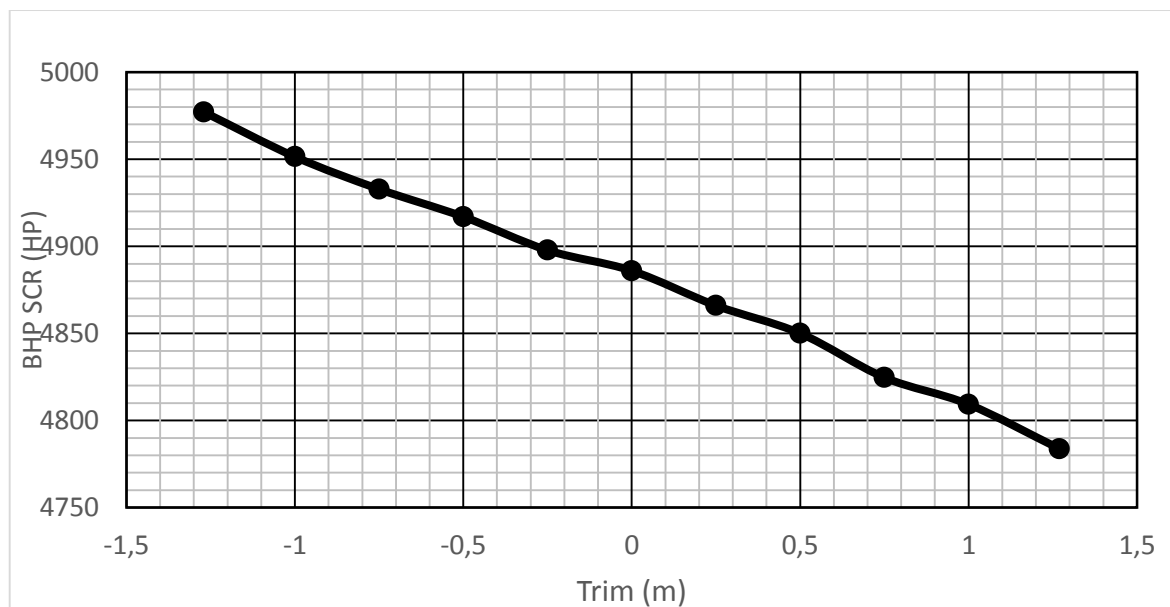
Dari Tabel 4.5 hasil perhitungan efisiensi kapal terlihat bahwa pada kondisi variasi trim sebelas yaitu trim buritan 1,27 m menghasilkan nilai efisiensi yang paling maksimal yaitu 42,31%. Pada variasi trim tersebut nilai efisiensi lambung kapal memiliki nilai yang paling tinggi yaitu sebesar 91,3%, hal ini dipengaruhi oleh nilai *wake fraction* dan *thrust deduction*. Nilai dari *thrust deduction* diharapkan sekecil mungkin agar efisiensi lambung kapal bernilai maksimal. Sebaliknya, nilai *wake fraction* diharapkan sebesar mungkin agar nilai efisiensi lambung kapal lebih maksimal. Pada variasi trim satu nilai dari *thrust deduction* adalah yang paling besar, akan tetapi nilai tersebut diimbangi dengan nilai *wake fraction* yang juga paling besar diantara variasi trim lainnya sehingga nilai efisiensi lambung kapal pada variasi trim satu paling maksimal. Untuk perhitungan yang lebih detail terdapat pada lampiran 4.

4.7 Analisa distribusi daya kapal

Analisa perhitungan distribusi daya kapal dilakukan pada setiap variasi trim dengan acuan buku *Principle of Naval Architecture* vol.2 tentang *resistance, propulsion and vibration*. Berikut adalah hasil perhitungan daya kapal untuk setiap variasi trim.

Tabel 4.6 Hasil perhitungan daya kapal

No	Trim (m)	TRIM (°)	Resistance (kN)	Resistance (+koreksi 15%)	EHP (HP)	BHP (HP)
1	-1,27	-0,541	207,4	238,51	2085,32	4977,138
2	-1	-0,426	206,6	237,59	2077,27	4951,498
3	-0,75	-0,320	206	236,9	2071,24	4932,884
4	-0,5	-0,213	205,5	236,325	2066,21	4917,039
5	-0,25	-0,107	204,9	235,635	2060,18	4897,842
6	0	0,000	204,4	235,06	2055,15	4886,047
7	0,25	0,107	203,9	234,485	2050,13	4866,080
8	0,5	0,213	203,4	233,91	2045,10	4850,128
9	0,75	0,320	202,6	232,99	2037,05	4824,807
10	1	0,426	202,1	232,415	2032,03	4809,392
11	1,27	0,541	201,3	231,495	2023,98	4783,871



Gambar 4.4 BHP terhadap variasi trim

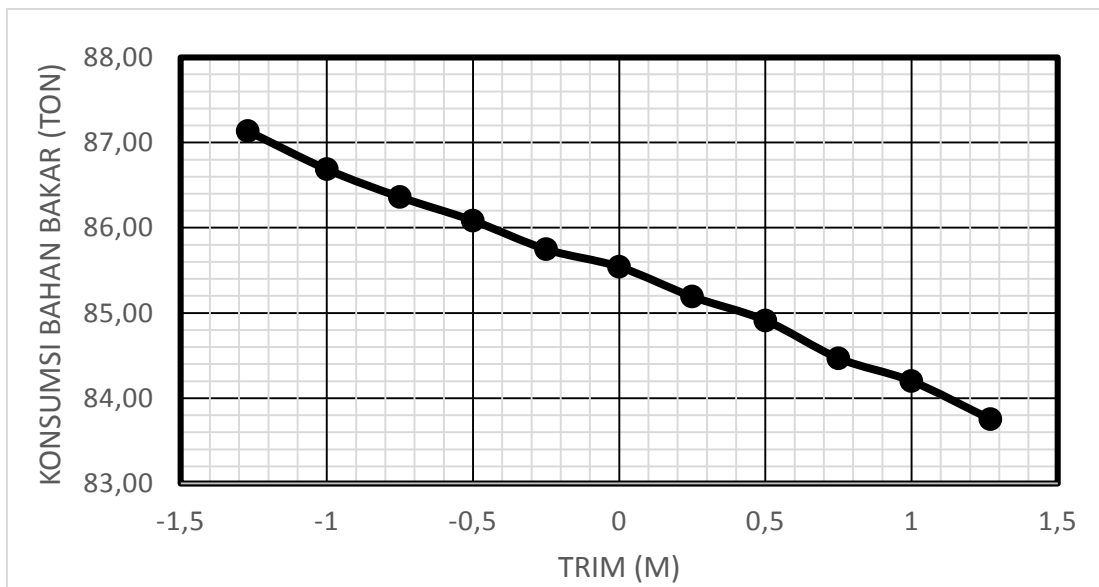
Dari Tabel 4,6 hasil perhitungan daya kapal dapat diketahui besarnya daya yang dibutuhkan pada masing-masing variasi trim untuk melawan hambatan kapal sehingga mampu mencapai kecepatan dinasnya yaitu 12,5 knots. Setelah menghitung hambatan dan efisiensi kapal kita dapat menghitung kebutuhan daya pada mesin kapal. Perkalian antara hambatan

kapal dengan kecepatan kapal dibagi efisiensi total kapal akan menghasilkan daya kapal (BHP). Hasil Daya paling minimal adalah pada variasi trim sebelas yaitu pada saat kapal dalam kondisi trim buritan sebesar 1,27 m yang membutuhkan daya sebesar 4783 HP.

Besarnya daya yang dibutuhkan berbanding lurus dengan besarnya nilai hambatan kapal dan berbanding terbalik dengan efisiensi kapal. Nilai hambatan kapal pada variasi trim ke sebelas adalah yang paling minimal dan efisiensi kapal untuk kondisi variasi trim tersebut paling maksimal diantara kondisi variasi trim lainnya. Sehingga nilai daya yang dibutuhkan paling minimal. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran 5.

4.8 Analisa konsumsi bahan bakar

Perhitungan konsumsi bahan bakar dilakukan dalam satu kali pelayaran. Jarak satu kali pelayaran kapal MV VERIZON dari Belawan ke Surabaya sebesar 1160 mil laut atau 2148,32 km pada kecepatan dinas 12,5 knots dan waktu pelayaran 92,8 jam. Sementara nilai SFOC yang digunakan mengacu pada katalog mesin yang ada yaitu Man BW 6 s 50 mc sebesar 171 gr/kWh. Langkah-langkah perhitungan konsumsi bahan bakar dan katalog mesin Man BW 6 s 50 mc dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah hasil perhitungan bahan bakar yang digunakan untuk masing-masing variasi trim.



Gambar 4.5 Konsumsi bahan bakar pada setiap variasi trim

Dari Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan pada saat kapal mengalami trim haluan akan lebih besar dibandingkan pada saat kapal dalam kondisi *even keel*. Sebaliknya pada saat kapal mengalami trim buritan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan pada saat kapal dalam kondisi *even keel*. Berdasarkan hasil

perhitungan tersebut kondisi trim haluan tidak direkomendasikan oleh penulis dalam rangka penghematan konsumsi bahan bakar kapal.

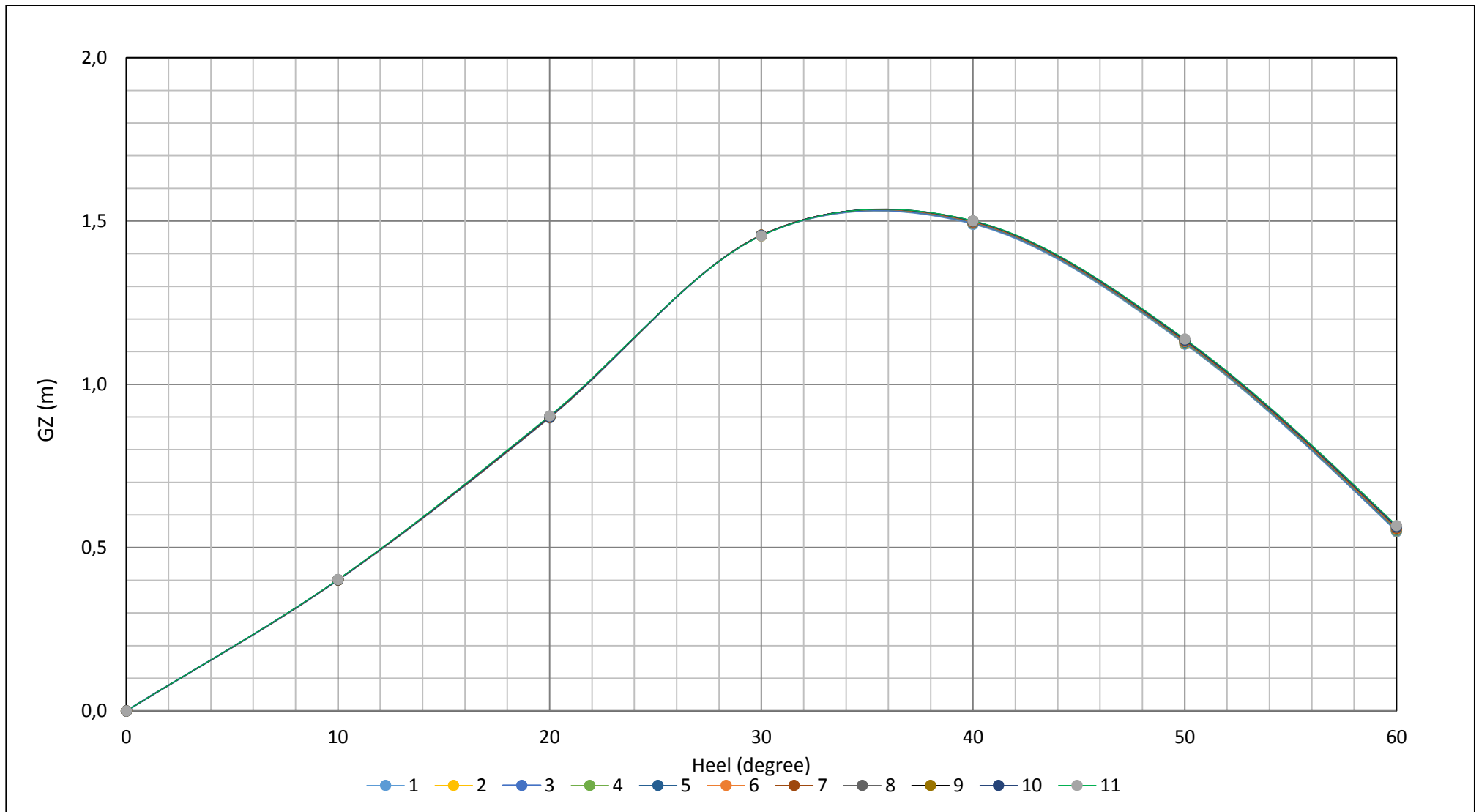
Tabel 4.7 Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar

	Trim haluan					even keel
	1	2	3	4	5	6
Consumtion (gr)	87136025	86687137	86361246	86083857	85747757	85541256
Consumtion (ton)	87,14	86,69	86,36	86,08	85,75	85,54
	Trim buritan					
	7	8	9	10	11	
Consumtion (gr)	85191698	84912419	84469128	84199249	83752440	
Consumtion (ton)	85,19	84,91	84,47	84,20	83,75	

Dari Tabel 4.7 dapat diketahui konsumsi bahan bakar kapal pada setiap variasi trim. Konsumsi bahan bakar kapal dipengaruhi oleh daya *main engine*, *specific fuel oil consumption*(SFOC) dan lama pelayaran (Aris, 2013). Konsumsi bahan bakar yang paling minimal dari hasil perhitungan adalah pada kondisi variasi trim ke sebelas(trim buritan 1,27 m). Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan untuk kondisi variasi trim tersebut adalah 83,75 ton. Sedangkan pada kondisi variasi trim ke enam (*even keel*), konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan adalah 85,54 ton. Dari kebutuhan kedua kondisi variasi trim tersebut dapat diketahui untuk satu kali pelayaran kapal MV VERIZON dapat dilakukan penghematan bahan bakar sebesar 1,79 ton atau 2,091%. Untuk detail perhitungan konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada lampiran 6.

4.9 Analisa stabilitas kapal

Analisa stabilitas dilakukan untuk meninjau kondisi stabilitas kapal setelah dilakukan pengoptimalan trim. Setelah dilakukan pengoptimalan trim diharapkan kondisi stabilitas kapal tetap memenuhi kriteria stabilitas kapal yang disyaratkan oleh IMO. Dalam tugas akhir ini dilakukan peninjauan stabilitas memanjang dan stabilitas melintang. Untuk stabilitas memanjang pada langkah penentuan variasi trim telah dihitung agar tidak melebihi kriteria stabilitas memanjang yang diijinkan. Dari hasil perhitungan trim maksimal yang diijinkan adalah 1,274 m. Sedangkan variasi trim pada tugas akhir ini nilai variasi trim maksimal yang diambil adalah 1,27 m (tidak melebihi batas trim yang disyaratkan). Untuk stabilitas melintang dihitung menggunakan software *Maxsurf Stability*. Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas pada *Maxsurf Stability*.



Gambar 4.6 Rekapitulasi kurva GZ

Tabel 4.8 Rekapitulasi lengan GZ pada setiap variasi trim

GZ (m) pada variasi trim	Heel to starboard deck (degree)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	0,000	0,402	0,902	1,455	1,490	1,123	0,549	-0,124	-0,830	-1,523
2	0,000	0,401	0,900	1,455	1,492	1,125	0,551	-0,123	-0,829	-1,521
3	0,000	0,401	0,899	1,456	1,493	1,127	0,552	-0,121	-0,827	-1,519
4	0,000	0,401	0,899	1,457	1,495	1,128	0,554	-0,119	-0,826	-1,517
5	0,000	0,401	0,898	1,457	1,496	1,130	0,556	-0,118	-0,824	-1,515
6	0,000	0,401	0,899	1,457	1,497	1,132	0,558	-0,116	-0,822	-1,513
7	0,000	0,401	0,899	1,457	1,498	1,133	0,560	-0,113	-0,820	-1,512
8	0,000	0,401	0,900	1,456	1,499	1,135	0,562	-0,111	-0,817	-1,510
9	0,000	0,402	0,901	1,456	1,500	1,136	0,564	-0,109	-0,815	-1,508
10	0,000	0,402	0,901	1,456	1,500	1,136	0,564	-0,109	-0,815	-1,508
11	0,000	0,403	0,904	1,455	1,501	1,139	0,568	-0,104	-0,810	-1,504

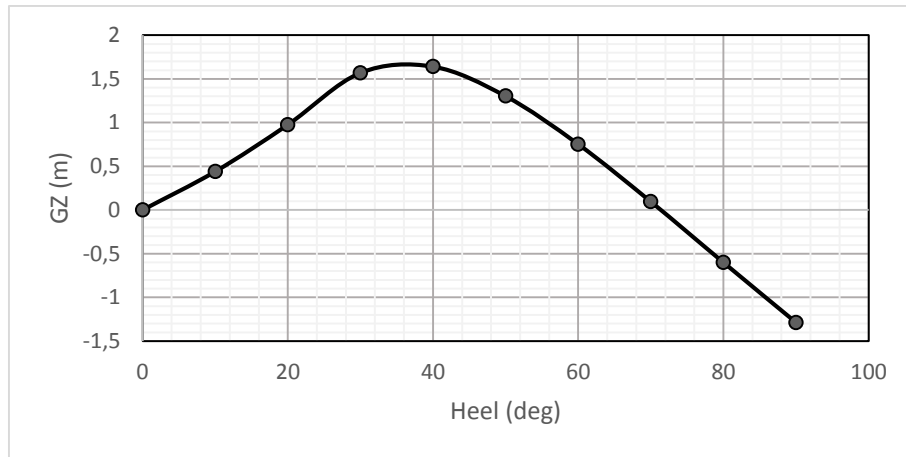
Dari Tabel 4.8 dan Gambar 4.6 dapat diketahui perubahan nilai GZ pada setiap variasi trim sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi trim pada kapal tidak membawa efek yang terlalu signifikan pada stabilitas kapal khususnya stabilitas melintang pada kapal. Dari rekapitulasi perhitungan tersebut juga dapat diketahui pada saat kapal dalam kondisi trim justru lengan GZ nilainya semakin besar dengan perbedaan yang sangat kecil.

4.9.1 Stabilitas kapal kondisi *even keel*

Analisis yang didapatkan dengan menggunakan *software Maxsurf Stability* pada kondisi *even keel*, didapatkan hasil perhitungan dan grafik stabilitas pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil perhitungan stabilitas kapal pada kondisi *even keel*

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0.30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	22,0391	m.deg	0,384655	m.rad	accepted
$e_{0.40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	38,5651	m.deg	0,673088	m.rad	accepted
$e_{30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	16,526	m.deg	0,288433	m.rad	Accepted
$h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,679	m	1,679	m	Accepted
$\phi_{\max} \geq 25^\circ$	=	36,4	deg	36,4	deg	Accepted
$GM^0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,433	m	2,433	m	Accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0.30^\circ} \geq 0.082$	=	22,0391	m.deg	0,384655	m.rad	accepted
$e_{0.40^\circ} \geq 0.146$	=	38,5651	m.deg	0,673088	m.rad	accepted
$e_{30,40^\circ} \geq 0.055$	=	16,526	m.deg	0,288433	m.rad	accepted
$h_{30^\circ} \geq 0.302$	=	1,679	m	1,679	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0,384$	=	1,679	m	1,679	m	accepted
$e_{\text{under gz curve to downflooding}} \geq 0.265 \text{ m.rad}$	=	68,3236	m.deg	1,192471	m.rad	Accepted



Gambar 4.7 Lengan GZ dalam kondisi *even keel*

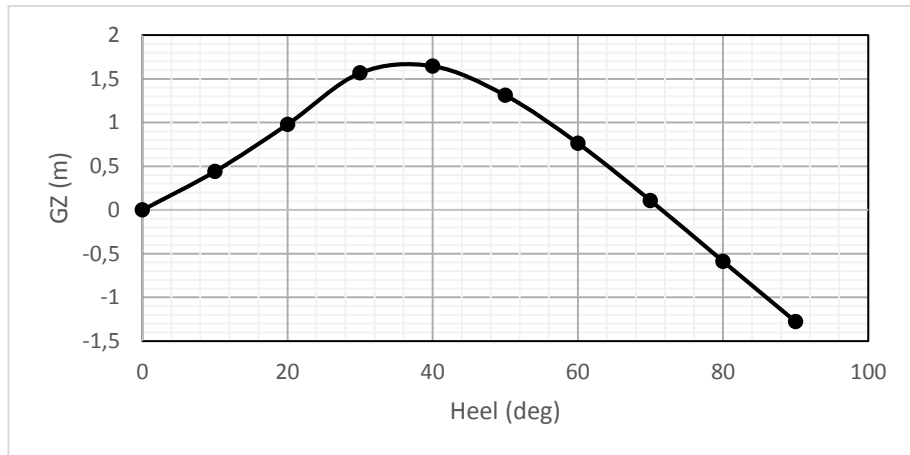
Dari Tabel 4.9 hasil perhitungan stabilitas kapal pada kondisi *even keel* diketahui nilai stabilitas kapal memenuhi seluruh kriteria stabilitas yang disyaratkan oleh IMO. Dilihat dari Gambar 4.7 MV VERIZON masih memiliki momen pengembali karena lengan GZ max bernilai positif 1,679 m dan berada di sudut *heel* lebih dari 25°, yaitu di 36,4°.

4.9.2 Stabilitas kapal kondisi trim buritan 1,27 m

Analisis yang didapatkan dengan menggunakan *software Maxsurf Stability* pada kondisi *even keel*, didapatkan hasil perhitungan dan grafik stabilitas pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil perhitungan stabilitas pada kondisi trim 1,27 m buritan

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						Status
$e_{0.30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	22,109	m.deg	0,385875	m.rad	Accepted
$e_{0.40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	38,6353	m.deg	0,674313	m.rad	Accepted
$e_{30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	16,5263	m.deg	0,288438	m.rad	Accepted
$h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,68	m	1,68	m	Accepted
$\phi_{\max} \geq 25^\circ$	=	36,4	deg	36,4	deg	Accepted
$GM^0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,445	m	2,445	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0.30^\circ} \geq 0.082 \text{ m.rad}$	=	22,109	m.deg	0,385875	m.rad	Accepted
$e_{0.40^\circ} \geq 0.146 \text{ m.rad}$	=	38,6353	m.deg	0,674313	m.rad	Accepted
$e_{30,40^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	16,5263	m.deg	0,288438	m.rad	Accepted
$h_{30^\circ} \geq 0.302 \text{ m.rad}$	=	1,68	m	1,68	m	Accepted
$GZ_{\max} \geq 0,384 \text{ m.rad}$	=	1,68	m	1,68	m	Accepted
$e_{\text{under gz curve to downloading}} \geq 0.265$	=	68,6617	m.deg	1,198372	m.rad	Accepted



Gambar 4.8 Lengan GZ pada saat kapal trim buritan 1,27 m

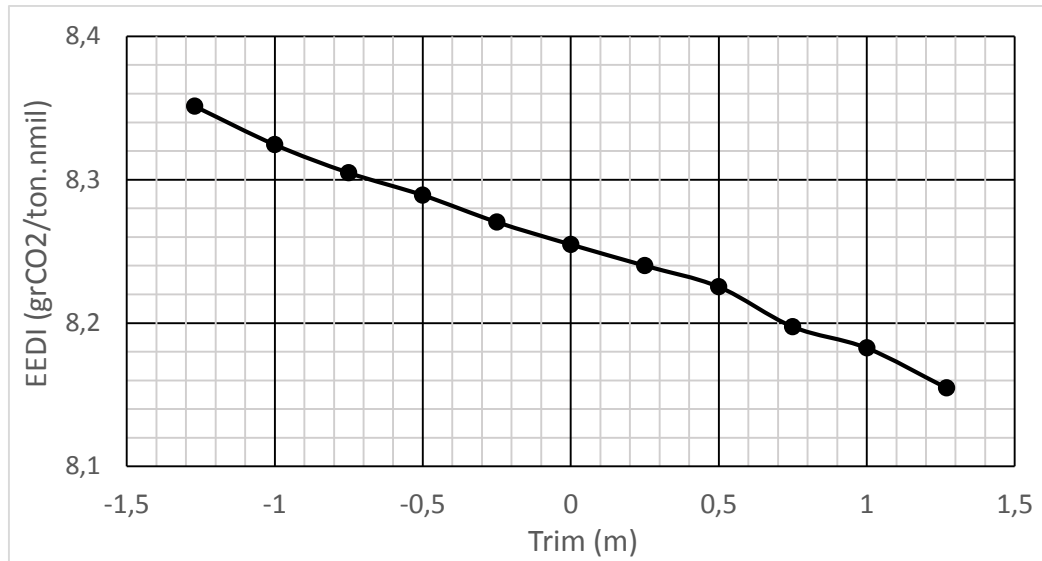
Dari Tabel 4.10 hasil perhitungan stabilitas kapal pada kondisi trim buritan 1,27 m diketahui nilai stabilitas kapal memenuhi seluruh kriteria stabilitas yang disyaratkan oleh IMO. Dilihat dari Gambar 4.8 MV VERIZON masih memiliki momen pengembali karena lengan GZ max bernilai positif 1,68 m dan berada di sudut *heel* lebih dari 25^0 , yaitu di $36,4^0$. Untuk detail perhitungan stabilitas dengan Maxsurs *Stability* dapat dilihat pada lampiran 7.

4.10 Analisa *Energy Efficiency Design Index* (EEDI)

Analisa EEDI dilakukan untuk mengetahui emisi gas buang yang ditimbulkan oleh MV VERIZON. Analisa yang dilakukan dalam tugas akhir ini mengenai gas buang CO₂ dan NO_x. Berikut ini adalah hasil perhitungan analisa dari gas buang CO₂ dan NO_x yang telah dilakukan.

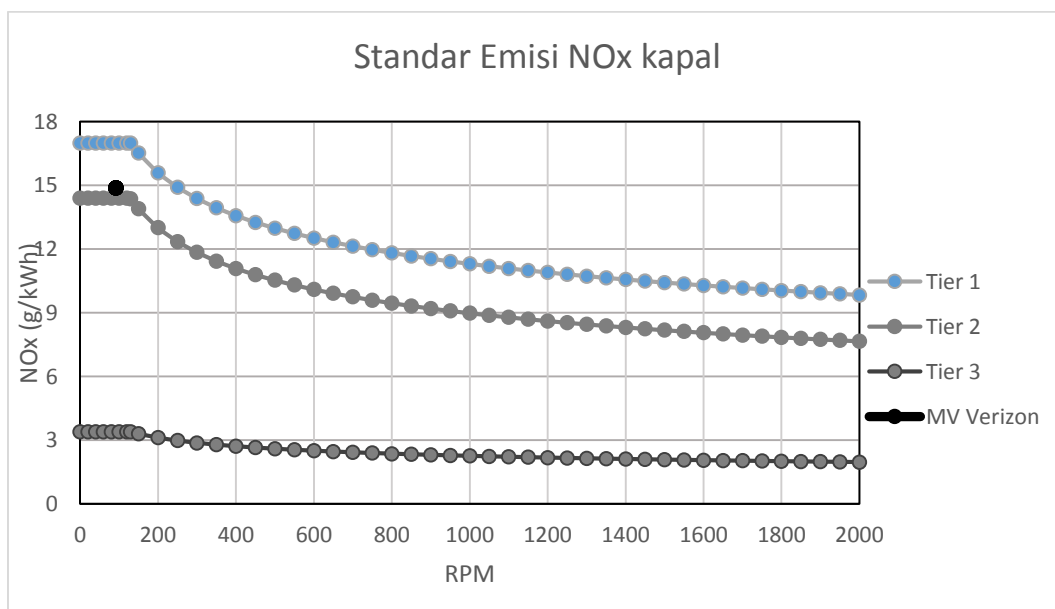
Tabel 4.11 Hasil perhitungan EEDI

EEDI	Trim haluan					Even Keel
	1	2	3	4	5	6
CO ₂ (gr/ton.nmil)	11,91	11,85	11,80	11,77	11,72	11,69
Nox (gr/kWh)	14,88	14,88	14,88	14,88	14,88	14,88
EEDI	Trim buritan					
	7	8	9	10	11	
CO ₂ (gr/ton.nmil)	11,64	11,61	11,54	11,51	11,45	
Nox (gr/kWh)	14,88	14,88	14,88	14,88	14,88	



Gambar 4.9 EEDI CO₂ pada setiap variasi trim

Dari Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa nilai EEDI yang tertinggi adalah pada saat kapal mengalami trim 1,27 m haluan yaitu 11,91 ton CO₂/ton.nmil. Sedangkan nilai yang terendah adalah pada saat kapal mengalami trim 1,27 m buritan yaitu sebesar 11,45 ton CO₂/ton.nmil. EEDI CO₂ dari kapal nilainya memenuhi EEDI CO₂ yang disyaratkan yaitu sebesar 9,61 ton CO₂/ton.nmil. disamping itu dengan pengoptimalan trim kita dapat mereduksi nilai EEDI kapal sebesar 0,2 ton CO₂/ton.nmil atau kurang lebih 2,4%.



Gambar 4.10 Persyaratan NO_x kapal

Dari Tabel 4.11 juga dapat dilihat bahwa nilai emisi NO_x bernilai sama. Hal ini dikarenakan dalam tugas akhir ini tidak terdapat variasi kecepatan. Sehingga RPM kapal

bernilai sama yaitu 92. Dari hasil perhitungan emisi gas buang NO_x yang dihasilkan oleh kapal MV VERIZON adalah 14,88 gram NO_x/kWh. MV Verizon dibangun pada tahun 1995, sehingga belum terikat oleh batasan emisi NO_x yang dibuat oleh IMO karena batasan tersebut mengatur kapal-kapal yang dibangun pada 1 Januari 2000 atau selatannya. Namun dari batasan emisi NO_x yang diberikan oleh IMO MV VERIZON masih memenuhi batas untuk Tier I yaitu untuk kapal yang dibangun pada periode 1 Januari 2000 sampai 1 Januari 2011. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran 8.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Nilai hambatan kapal paling minimal adalah ketika kapal dalam kondisi trim buritan 1,27 m yaitu 231,495 kN. Sedangkan nilai hambatan kapal ketika kapal dalam kondisi even keel adalah 235,06 kN. Jadi pengurangan hambatan kapal yang dapat dilakukan sebesar 3,565 kN. Besarnya hambatan kapal yang dapat dikurangi setelah dilakukan dengan pengoptimalan trim adalah 3,565 kN atau kurang lebih 1,52%.
2. Konsumsi bahan bakar paling minimal adalah ketika kapal dalam kondisi trim buritan 1,27 m yaitu 83,75 ton. Sedangkan konsumsi bahan bakar ketika kapal dalam kondisi even keel adalah 85,54 ton. Jadi penghematan bahan bakar yang dapat dilakukan dalam satu kali pelayaran setelah dilakukan pengoptimalan trim adalah 1,79 ton atau kurang lebih 2,091%.
3. Kondisi paling optimum untuk penghematan bahan bakar adalah trim buritan. Meskipun pada saat trim buritan nilai LWL dan WSA kapal lebih besar, namun nilai koefisien hambatan kapal lebih kecil sehingga besarnya nilai hambatan kapal lebih minimal dan berbanding lurus dengan kebutuhan bahan bakar yang semakin minimal.
4. Kondisi stabilitas kapal setelah dilakukan pengoptimalan trim masih memenuhi kriteria stabilitas IMO (IS Code chapter 3.1 dan chapter 4.9.2). Dalam kondisi trim 1,27 m buritan kapal masih memiliki momen pengembali. Nilai lengan pengembali atau GZ_{max} 1,68 m (lebih dari yang disyaratkan yaitu 0,384m) dan berada pada sudut heel $36,4^{\circ}$ (lebih dari yang disyaratkan yaitu 25°).
5. Kondisi trim pada kapal memenuhi batas trim yang diijinkan yaitu 1,274 m. Dan kemiringan *engine* masih dalam kondisi batas yaitu sebesar $0,5414^{\circ}$ dari batas yang diijinkan sebesar $3,676^{\circ}$.
6. Pengurangan EEDI CO_2 yang dapat dilakukan sebesar 0,24 ton CO_2 /ton.nmil atau 2,1 %. Nilai EEDI CO_2 paling rendah adalah pada kondisi trim 1,27 m buritan yaitu 11,45 ton CO_2 /ton.nmil. Pada kondisi *even keel* nilai EEDI CO_2 adalah 11,69 ton CO_2 /ton.nmil. Sedangkan untuk EEDI NO_x nilainya sama pada semua variasi trim yaitu 14,88 gr/kWh karena tidak ada variasi kecepatan kapal.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian yang lebih lanjut yang dapat penulis berikan, antara lain:

1. Dilakukan dengan pemodelan yang lebih lengkap termasuk propeller dan rudder.
2. Dilakukan pada variasi trim yang lebih banyak.
3. Dilakukan pada jenis kapal lainnya.
4. Memperhatikan pengurangan bahan bakar selama perjalanan.

Daftar Pustaka

- Andrianto, R.D. (2013). *Penentuan Ukuran Kapal Optimal dengan Metode Dasis Ship Menggunakan Sistem Komputer*. Surabaya: Tugas Akhrit Jurusan Teknik Perkapalan ITS.
- Aris, N. S. (2013). *Analisis Pengaruh Trim Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Kapal*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS.
- BeritaManado.com. (2015, Juni). Diambil kembali dari <http://beritamanado.com/puluhan-container-kapal-temas-line-jatuh-di-laut-banda/>
- Fakrianto, M. (2013). *Analisis Pengaruh Penambahan Penumpang Terhadap Stabilitas Kapal Penumpang*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan ITS
- Borkowski, T., Kasyk, L., Kowalak, P. (2012) JOURNAL OF KONES POWERPLAN AND TRANSPORT. *Energy Efficiency Design Index of Container Vessel*, 93-100. Szczecin
- International Maritime Organization. (2009). *Intact Stability Code Chapter 3.1 Design criteria applicable to all ship*. London.
- International Maritime Organization. (2009). *Intact Stability Code Chapter 4.9.2 Special criteria for certain type of ship (Container ships > 100 m)*. London
- Kristensen, H.O. (2013). *Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ship*. Technical University of Denmark
- Larsen, N. L.r, Claus, D. S., Christian, K. N., & Christian, R. H. (2012). *Understanding The Physics Of Trim*. FORCE Technology.
- Lewis, Edward V. Ed. (1988), *Principle of Naval Architecture, Second Revision Volume I*, The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 601 Pavonia Avenue Jersey City, NJ.
- Lewis, Edward V. Ed. (1988), *Principle of Naval Architecture, Second Revision Volume II*, The Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 601 Pavonia Avenue Jersey City, NJ.
- Molland, A. F., Turnock, S. R., Hudson, D. A., & Utama, I. A. (2014). *A Review Of Potential Practical Improvements In The Propulsive Efficiency Of Future Ships*.
- Reichel, M., Minchev, A., & Larsen, N. L. (2014). INTERNATIONAL JOURNAL ON MARINE NAVIGATION AND SAFETY OF SEA TRANSPORTATION. *Trim Optimisation Theory and Practice*, 387-392.
- Rubiantoro, F (1996), *Hidrodinamika dan Stabilitas Kapal*. Rafika Aditama, Bandung.
- Wakidjo, P. (1972), *Stabilitas Kapal Jilid II*. Penuntun dalam Menyelesaikan Masalah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Daftar lampiran terdiri dari:

- Lampiran 1 : Data kapal
- Lampiran 2 : Perhitungan *Waterplan Area* dan TPC
- Lampiran 3 : Data perhitungan hambatan kapal pada software Maxsurf *Resistance*
- Lampiran 4 : Perhitungan efisiensi kapal
- Lampiran 5 : Perhitungan power mesin kapal
- Lampiran 6 : Perhitungan konsumsi bahan bakar
- Lampiran 7 : Data perhitungan stabilitas kapal pada software Maxsurf *Stability*
- Lampiran 8 : Perhitungan EEDI

DATA KAPAL MV VERIZON			
Main Dimension:			
Nama Kapal	=	MV VERIZON	
LOA	=	145,68	m
LPP	=	136	m
B	=	25	m
H	=	12,8	m
T	=	8,814	m
LWT	=	4965	T
DWT	=	15407,1	T
GT	=	11788	
MAIN ENGINE	=	6S50 MC (MARK-V)	
max output	=	11640 PS x 127 RPM	
SPEED TRIAL MAX	=	19,767	knots
Dibangun tahun	=	1995	
<i>*dari second officer</i>			
Tf	=	6,7	m
Ta	=	7,9	m
Rute Pelayaran	=	Belawan-Surabaya	
Range Pelayaran	=	1160	nmil
Lama Pelayaran	=	92,8	jam
Vessel speed	=	12,5	knots
RPM	=	92	
Payload	=	450	TEUS
Wpayload	=	8610	ton
Payload MAX	=	820	TEUS
LWT Condition	:		
KG	=	9,8	m
LCG	=	8,59 aft	m
Dpropeller	=	4,5	m

FUEL OIL TANK filling ratio = 88% . S.G = 0.950

TANK NAME		LOCATION FR.NO	VOLUME (M3)	WEIGHT (TON)	LCG (M)	KG (M)
NO. 1 F.O.T	P	113-153	313,25	261,88	-26,47	3,71
NO. 2 F.O.T	S	113-153	313,25	261,88	-26,47	3,71
NO. 3 F.O.T	P	35-55	206,06	172,27	35,75	4,03
NO. 4 F.O.T	S	35-55	206,06	172,27	35,75	4,03
TOTAL			1038,62	868,3		

DIESEL OIL TANK filling ratio = 88% . S.G = 0.880

TANK NAME		LOCATION FR.NO	VOLUME (M3)	WEIGHT (TON)	LCG (M)	KG (M)
D. O. T	P	74-82	88,68	68,67	11,65	3,15
D. O. T	S	74-82	88,68	68,67	11,65	3,15
TOTAL			177,36	137,34		

FRESH WATER TANK . S.G = 1.000

TANK NAME		LOCATION FR.NO	VOLUME (M3)	WEIGHT (TON)	LCG (M)	KG (M)
F. W. T	P	83-92	102,7	102,7	4,92	3,08
F. W. T	S	83-92	102,7	102,7	4,92	3,08
DRINK W. T	P	5-11	45,4	45,4	63,8	11,53
DRINK W. T	S	5-11	45,4	45,4	63,8	11,53
TOTAL			296,2	296,2		

FRESH WATER TANK . S.G L.O & CYL.O = 0.92, OTHER = 1.000

TANK NAME		LOCATION FR.NO	VOLUME (M3)	WEIGHT (TON)	LCG (M)	KG (M)
L. O. T	C	21-31	19,38	17,83	49,28	0,59
S/T L.O.S.T	S	13-15	1,58	1,45	58,99	1,38
CYL.O.STOR.T	P	12-16	41,89	38,54	558,91	10,48
L.O. STOR T.	S	12-16	24,7	22,72	69,05	10,03
BILGE SLUDGE	P	26-34	23,06	23,06	46,03	1,12
F.O OVERFLOW	S	26-34	7,77	7,77	46,01	1,42
BILGE T	C	11-20	21,99	21,99	57,02	1,01
S/T C.B.T	C	AP-11	9,4	9,4	52,07	3,21

WATER BALLAST TANK . S.G = 1.025

TANK NAME		LOCATION FR.NO	VOLUME (M3)	WEIGHT (TON)	LCG (M)	KG (M)
FORE PEAK TANK	C	180-FE	255,55	261,94	-84,7	7,43
W B T 1	C	153-173	369,01	378,24	-47,53	2,34
W B T 2	P	113-153	254,88	261,25	-25,5	0,74
W B T 2	S	113-153	229,24	234,97	-25,29	0,75
W B T 3	P	74-113	309,74	317,48	0,66	0,73
W B T 3	S	74-113	284,74	291,86	0,66	0,73
W B T 4	P	34-74	240,27	246,28	26,37	0,77
W B T 4	S	34-74	214,57	219,93	26,08	0,78
HEELING T	P	92-113	234,94	240,81	-5,62	3,12
HEELING T	S	92-113	234,94	240,81	5,62	3,12
SIDE B T	P	55-74	177,08	181,51	20,81	3,49
SIDE B T	S	55-74	177,08	181,51	20,81	3,49
AFTER PEAK TANK	C	AE-11	184,94	189,56	65,45	9,74
TOTAL			3166,98	3246,15		

double bottom

WL1 1,5 m			
station	y	fs	y.fs
0	0,00	1	0,00
1	1,21	4	4,86
2	2,34	2	4,68
3	4,19	4	16,74
4	6,48	2	12,97
5	9,11	4	36,43
6	10,69	2	21,38
7	11,49	4	45,97
8	11,73	2	23,46
9	11,75	4	47,01
10	11,75	2	23,51
11	11,47	4	45,88
12	10,80	2	21,60
13	9,65	4	38,60
14	8,07	2	16,13
15	6,01	4	24,03
16	3,99	2	7,98
17	2,17	4	8,67
18	1,00	2	1,99
19	0,78	4	3,12
20	0,00	1	0,00
			405,02

WPA = 1839,68

TPC = 18,86

poros propeller

WL2 2,25 m			
station	y	fs	y.fs
0	0,00	1	0,00
1	2,16	4	8,65
2	3,25	2	6,49
3	5,11	4	20,44
4	7,32	2	14,64
5	9,73	4	38,92
6	11,64	2	23,27
7	12,34	4	49,38
8	12,42	2	24,84
9	12,42	4	49,68
10	12,42	2	24,84
11	12,42	4	49,68
12	12,13	2	24,26
13	11,24	4	44,95
14	9,96	2	19,92
15	7,94	4	31,77
16	5,69	2	11,37
17	3,80	4	15,20
18	2,24	2	4,48
19	1,72	4	6,88
20	0,00	1	0,00
			469,66

WPA = 2167,58

TPC = 22,22

tank top ballast tank

WL3 4,1 m			
station	y	fs	y.fs
0	0,00	1	0,00
1	2,49	4	9,97
2	6,66	2	13,31
3	9,61	4	38,42
4	10,93	2	21,86
5	11,73	4	46,93
6	12,5	2	24,98
7	12,5	4	49,96
8	12,5	2	24,98
9	12,5	4	49,96
10	12,5	2	24,98
11	12,5	4	49,96
12	12,06	2	24,11
13	11,73	4	46,93
14	10,89	2	21,77
15	9,37	4	37,47
16	7,05	2	14,09
17	4,36	4	17,43
18	2,32	2	4,64
19	0,91	4	3,64
20	0,00	1	0,00
			525,41

WPA = 2341,33

TPC = 24,00

second deck

WL4 7.2 m			
station	y	fs	y.fs
0	0,00	1	0,00
1	6,26	4	25,02
2	9,10	2	18,19
3	11,07	4	44,28
4	12,05	2	24,09
5	12,40	4	49,60
6	12,50	2	25,00
7	12,50	4	50,00
8	12,50	2	25,00
9	12,50	4	50,00
10	12,50	2	25,00
11	12,50	4	50,00
12	12,50	2	25,00
13	12,40	4	49,60
14	11,74	2	23,48
15	10,92	4	43,67
16	9,14	2	18,28
17	6,65	4	26,58
18	6,00	2	11,99
19	1,46	4	5,85
20	0,00	1	0,00
			590,64

WPA = 2596,92

TPC = 26,62

tank top ballast tank

WL5 9.95 m			
station	y	fs	y.fs
0	1,73	1	1,73
1	5,36	4	21,42
2	8,15	2	16,31
3	10,45	4	41,81
4	11,90	2	23,81
5	12,5	4	50,00
6	12,5	2	25,00
7	12,5	4	50,00
8	12,5	2	25,00
9	12,5	4	50,00
10	12,5	2	25,00
11	12,5	4	50,00
12	12,5	2	25,00
13	12,5	4	50,00
14	11,84	2	23,68
15	10,99	4	43,98
16	9,19	2	18,39
17	5,90	4	23,59
18	2,49	2	4,99
19	1,30	4	5,20
20	0,00	1	0,00
			574,91

WPA = 2737,67

TPC = 28,06

main deck

WL6 12.8 m			
station	y	fs	y.fs
0	6,25	1	6,25
1	8,44	4	33,74
2	10,39	2	20,77
3	11,73	4	46,93
4	12,36	2	24,72
5	12,5	4	50,00
6	12,5	2	25,00
7	12,5	4	50,00
8	12,5	2	25,00
9	12,5	4	50,00
10	12,5	2	25,00
11	12,5	4	50,00
12	12,5	2	25,00
13	12,5	4	50,00
14	12,5	2	25,00
15	12,5	4	50,00
16	12,08	2	24,16
17	11,06	4	44,24
18	8,22	2	16,44
19	4,71	4	18,82
20	0,00	1	0,00
			661,06

WPA = 3211,92

TPC = 32,92

Trim per Centimeter Immersion to Waterplan Area

Data TPC dan WPA MV VERIZON

No	Sarat	TPC	WPA
1	2,5	20,80	2029,27
2	3	22,56	2200,98
5	4,5	24,16	2357,07
7	5,5	25,05	2443,90
8	6	25,47	2484,88
9	6,5	25,92	2528,78
10	7	26,39	2574,63
11	7,5	26,88	2622,44
12	8	27,38	2671,22
13	8,5	27,88	2720,00
14	8,814	28,15	2746,34
15	9	28,30	2760,98
16	9,5	28,74	2803,90

$$*TPC = WPA \times 1.025 / 100$$

Rekapitulasi Perhitungan TPC dan WPA model

WL		WPA	WPA data	margin	TPC	TPC data	margin
WL	1,500	1839,68			18,86		
WL	2,250	2167,58			22,22		
WL	3,000	2199,96	2200,98	-0,05%	22,55	22,56	-0,05%
WL	4,500	2341,33	2357,07	-0,67%	24,00	24,16	-0,67%
WL	5,000	2400,14	2399,02	0,05%	24,60	24,59	0,05%
WL	6,000	2485,09	2484,88	0,01%	25,47	25,47	0,01%
WL	7,200	2596,92	2593,76	0,12%	26,62	26,59	0,12%
WL	8,000	2672,73	2671,22		27,40	27,38	0,06%
WL	9,950	2737,67			28,06		
WL	12,800	3211,92			32,92		

DATA OFFSET

Station/WL	1,5	2,25	4,1	7,2	9,95	12,8
Transom					1,91	3,25
0					3,57	4,90
0,5				0,04	5,24	6,52
1	0,57	0,99	0,67	4,74	6,80	8,05
1,5	1,15	1,36	1,66	6,56	8,05	9,43
2	1,47	1,86	3,72	8,22	9,28	10,59
2,5	1,95	2,41	5,77	9,63	10,35	11,47
3	2,59	3,14	7,83	10,68	11,18	12,06
3,5	3,46	4,14	9,41	11,54	11,89	12,43
4	4,65	5,59	10,53	12,06	12,32	12,50
5	7,06	8,38	11,73	12,48	12,50	12,50
6	9,63	10,72	12,37	12,50	12,50	12,50
7	11,03	11,44	12,50	12,50	12,50	12,50
8	11,84	12,19	12,50	12,50	12,50	12,50
9	11,98	12,25	12,50	12,50	12,50	12,50
10	11,98	12,25	12,50	12,50	12,50	12,50
11	11,98	12,25	12,50	12,50	12,50	12,50
12	11,95	11,95	12,50	12,50	12,50	12,50
13	10,96	10,96	12,15	12,50	12,50	12,50
14	9,31	10,02	11,23	12,15	12,50	12,50
15	7,41	8,25	9,34	11,23	11,86	12,48
16	5,46	6,05	8,09	9,34	10,75	12,24
16,5	4,43	4,98	6,71	8,09	9,71	12,02
17	3,52	3,97	5,24	6,71	8,73	11,47
17,5	2,65	3,07	3,84	5,24	7,59	10,46
18	1,88	2,24	2,57	3,84	5,61	9,01
18,5	1,39	1,58	1,49	2,57	4,25	7,41
19	1,08	1,24	0,66	1,49	2,65	5,75
19,5	0,91	1,09	0,53	0,66	1,21	4,06
FP	0,79	0,99	0,53		0,14	2,32

PERBANDINGAN DATA HIDROSTATIK

Hidrostatik at DWL		
Displacement	20372	t
Volume (displaced)	19875,002	m ³
Draft Amidships	8,814	m
Immersed depth	8,814	m
WL Length	141,373	m
Beam max extents on	24,996	m
Wetted Area	4387,193	m ²
Max sect. area	216,201	m ²
Waterpl. Area	2655,895	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,684	
Block coeff. (Cb)	0,671	
Max Sect. area coeff.	0,982	
Waterpl. area coeff. (Cw)	0,791	
LCB length	-1,1	from mid
LCF length	-2,815	from mid
LCB %	-0,819	from mid
LCF %	-2,094	from mid
KB	4,695	m
KG fluid	0	m
BMt	5,833	m
BML	139,109	m
GMt corrected	10,529	m
GML	143,805	m
KMt	10,529	m
KML	143,805	m
Immersion (TPc)	27,223	tonne/cm
MTc	217,983	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Dis	3743,386	tonne.m
Length:Beam ratio	5,377	
Beam:Draft ratio	2,836	
Length:Vol ^{0.333} ratio	4,962	
Precision	Medium	65 stations

No	ITEM	DATA	MODEL	SELISIH
1	DISPLACEMENT	20372,1	20372	0%
2	DRAFT	8,814	8,814	0%
3	LWL	141,25	141,373	0%
4	WATERPLAN AREA	2746,34	2655,895	-3%
5	TPC	28,15	27,223	-3%
6	Beam	25	24,996	0%

TRIM MAKSIMAL

Lpp = 134,78 m

Gml = 142,55 m

TRIMmax = 1%. Lpp. Lpp / Gml

= 1,274 m

VARIASI TRIM YANG DIBUAT

	16425 Ton										
	Trim by Bow					Even Keel	Trim by Stern				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Trim (m)	1,27	1	0,75	0,5	0,25	0	0,25	0,5	0,75	1	1,27
Trim (°)	-0,54	-0,43	-0,32	-0,21	-0,11	0,00	0,11	0,21	0,32	0,43	0,54
Ta (m)	6,70	6,83	6,95	7,08	7,20	7,32	7,44	7,56	7,68	7,80	7,93
Tf (m)	7,97	7,83	7,70	7,58	7,45	7,32	7,19	7,06	6,93	6,80	6,66

PEMILIHAN METODE PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

Metode	Persyaratan Dimensi					Status
Holtrop	0,55	<	Cp	<	0,85	accepted
	3,9	<	L/B	<	15	
	2,1	<	B/T	<	4	
Van Ootmerssen	8	<	L	<	80	rejected
	3	<	L/B	<	6,2	
	0,5	<	Cp	<	0,73	
	-8%	<	LCG/L	<	2,80%	
	5	<	V	<	3000	
	1,9	<	B/T	<	4	
	0,7	<	Cm	<	0,97	
	10	<	ie	<	46	
Series 60	0,6	<	Cb	<	0,8	accepted
	5,5	<	L/B	<	8,5	
	2,5	<	B/T	<	4%	
	-2,48%	<	LCB	<	3,51%	
Compton	-0,13	<	LCG/L	<	-0,02	rejected
	4	<	L/B	<	5,2	
	0,00368	<	V/L^3	<	0,00525	
Fung	0,00057	<	V/L^3	<	0,01257	accepted
	1,696	<	B/T	<	10,204	
	0,526	<	Cp	<	0,774	
	0,556	<	Cx	<	0,994	
	14,324 deg	<	ie	<	23,673 deg	
	2,52	<	L/B	<	17,935	
	0,662	<	Cwp	<	0,841	
KB Barge Resistance	-	-	-	-	-	-

TRIM HALUAN 1,27 m

LWL	132,336	m	132,336
Beam	25	m	25
Draft	7,969	m	7,969
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3854	m ²	3854
Prismatic coeff. (Cp)	0,666		0,666
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,742		0,742
1/2 angle of entrance	19,7	deg.	19,7
LCG from midships(+ve for'd)	-1,348	m	-1,348
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	181,629	m ²	--
Bulb transverse area	14,586	m ²	14,586
Bulb height from keel	1,406	m	1,406
Draft at FP	7,969	m	7,969
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM HALUAN 1,27 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,179	0,409	207,4	3765,666
12,687	0,181	0,415	214,3	3950,675
12,875	0,184	0,421	221,6	4143,786
13,062	0,187	0,427	229	4345,438
13,25	0,189	0,434	236,7	4556,091
13,437	0,192	0,44	244,7	4776,215
13,625	0,195	0,446	252,9	5006,289
13,812	0,197	0,452	261,5	5246,8
14	0,2	0,458	270,3	5498,262
14,187	0,203	0,464	279,5	5761,24
14,375	0,205	0,47	289,1	6036,387
14,562	0,208	0,477	299	6324,463
14,75	0,211	0,483	309,2	6626,342
14,937	0,213	0,489	320	6942,975
15,125	0,216	0,495	331,1	7275,334
15,312	0,219	0,501	342,8	7624,318
15,5	0,221	0,507	354,9	7990,664
15,687	0,224	0,513	367,5	8374,864
15,875	0,227	0,519	380,6	8777,128
16,062	0,229	0,526	394,2	9197,403
16,25	0,232	0,532	408,2	9635,468
16,437	0,235	0,538	422,6	10091,081
16,625	0,237	0,544	437,4	10564,183
16,812	0,24	0,55	452,6	11055,101
17	0,243	0,556	468,3	11564,734

TRIM BURITAN 0,25 m

LWL	135,211	m	135,211
Beam	25	m	25
Draft	7,442	m	7,442
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3858	m ²	3858
Prismatic coeff. (Cp)	0,664		0,664
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,747		0,747
1/2 angle of entrance	19,4	deg.	19,4
LCG from midships(+ve for'd)	0,264	m	0,264
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	178,302	m ²	--
Bulb transverse area	13,239	m ²	13,239
Bulb height from keel	2,65	m	2,65
Draft at FP	7,422	m	7,422
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM BURITAN 0,25 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,177	0,409	203,9	3716,328
12,687	0,179	0,415	210,7	3897,6
12,875	0,182	0,421	217,7	4086,6
13,062	0,185	0,427	224,9	4283,726
13,25	0,187	0,434	232,4	4489,396
13,437	0,19	0,44	240,1	4704,045
13,625	0,192	0,446	248,1	4928,112
13,812	0,195	0,452	256,3	5162,044
14	0,198	0,458	264,9	5406,301
14,187	0,2	0,464	273,7	5661,376
14,375	0,203	0,47	282,9	5927,82
14,562	0,206	0,477	292,3	6206,276
14,75	0,208	0,483	302,2	6497,481
14,937	0,211	0,489	312,4	6802,266
15,125	0,214	0,495	323	7121,508
15,312	0,216	0,501	334	7456,067
15,5	0,219	0,507	345,5	7806,702
15,687	0,222	0,513	357,4	8173,99
15,875	0,224	0,519	369,8	8558,27
16,062	0,227	0,526	382,6	8959,63
16,25	0,23	0,532	395,8	9377,948
16,437	0,232	0,538	409,5	9813,001
16,625	0,235	0,544	423,5	10264,613
16,812	0,238	0,55	437,9	10732,842
17	0,24	0,556	452,6	11218,157

TRIM HALUAN 1 m

LWL	132,838	m	132,838
Beam	25	m	25
Draft	7,831	m	7,831
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3854	m ²	3854
Prismatic coeff. (Cp)	0,666		0,666
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,743		0,743
1/2 angle of entrance	19,6	deg.	19,6
LCG from midships(+ve for'd)	-1,058	m	-1,058
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	180,942	m ²	--
Bulb transverse area	14,315	m ²	14,315
Bulb height from keel	1,61	m	1,61
Draft at FP	7,831	m	7,831
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM HALUAN 1 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,178	0,409	206,6	3754,739
12,687	0,181	0,415	213,6	3938,958
12,875	0,184	0,421	220,7	4131,202
13,062	0,186	0,427	228,1	4331,901
13,25	0,189	0,434	235,8	4541,507
13,437	0,192	0,44	243,7	4760,483
13,625	0,194	0,446	251,9	4989,299
13,812	0,197	0,452	260,4	5228,434
14	0,2	0,458	269,2	5478,388
14,187	0,202	0,464	278,3	5739,71
14,375	0,205	0,47	287,8	6013,03
14,562	0,208	0,477	297,6	6299,083
14,75	0,21	0,483	307,8	6598,714
14,937	0,213	0,489	318,4	6912,852
15,125	0,216	0,495	329,4	7242,453
15,312	0,218	0,501	340,9	7588,414
15,5	0,221	0,507	352,9	7951,479
15,687	0,224	0,513	365,4	8332,162
15,875	0,226	0,519	378,3	8730,699
16,062	0,229	0,526	391,8	9147,063
16,25	0,232	0,532	405,6	9581,045
16,437	0,234	0,538	419,9	10032,393
16,625	0,237	0,544	434,5	10501,009
16,812	0,24	0,55	449,6	10987,146
17	0,242	0,556	465	11491,599

TRIM BURITAN 0,5 m

LWL	135,855	m	135,855
Beam	25	m	25
Draft	7,563	m	7,563
Displaced volume	15008	m ³	15008
Wetted area	3860	m ²	3860
Prismatic coeff. (Cp)	0,654		0,654
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,748		0,748
1/2 angle of entrance	19,1	deg.	19,1
LCG from midships(+ve for'd)	0,529	m	0,529
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	168,915	m ²	--
Bulb transverse area	13,014	m ²	13,014
Bulb height from keel	2,872	m	2,872
Draft at FP	7,563	m	7,563
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM BURITAN 0,5 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,176	0,413	203,4	3709,784
12,687	0,179	0,42	210,1	3889,259
12,875	0,181	0,426	217	4076,196
13,062	0,184	0,432	224,1	4270,967
13,25	0,187	0,438	231,5	4473,957
13,437	0,189	0,444	239	4685,568
13,625	0,192	0,451	246,8	4906,206
13,812	0,195	0,457	254,9	5136,292
14	0,197	0,463	263,2	5376,264
14,187	0,2	0,469	271,9	5626,596
14,375	0,203	0,475	280,8	5887,824
14,562	0,205	0,482	290	6160,557
14,75	0,208	0,488	299,5	6445,484
14,937	0,211	0,494	309,5	6743,354
15,125	0,213	0,5	319,7	7054,937
15,312	0,216	0,506	330,4	7380,959
15,5	0,218	0,513	341,5	7722,042
15,687	0,221	0,519	353	8078,643
15,875	0,224	0,525	364,9	8451,025
16,062	0,226	0,531	377,2	8839,262
16,25	0,229	0,537	389,9	9243,304
16,437	0,232	0,544	403	9663,074
16,625	0,234	0,55	416,4	10098,612
16,812	0,237	0,556	430,2	10550,222
17	0,24	0,562	444,3	11018,609

TRIM HALUAN 0,75 m

LWL	133,311	m	133,311
Beam	25	m	25
Draft	7,704	m	7,704
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3855	m ²	3855
Prismatic coeff. (Cp)	0,666		0,666
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,743		0,743
1/2 angle of entrance	19,4	deg.	19,4
LCG from midships(+ve for'd)	-0,793	m	-0,793
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	180,3	m ²	--
Bulb transverse area	14,058	m ²	14,058
Bulb height from keel	1,8	m	1,8
Draft at FP	7,704	m	7,704
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM HALUAN 0,75 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,178	0,409	206	3745,882
12,687	0,181	0,415	212,9	3929,439
12,875	0,183	0,421	220,1	4120,954
13,062	0,186	0,427	227,4	4320,85
13,25	0,189	0,434	235	4529,57
13,437	0,191	0,44	242,9	4747,571
13,625	0,194	0,446	251,1	4975,316
13,812	0,197	0,452	259,5	5213,276
14	0,199	0,458	268,2	5461,939
14,187	0,202	0,464	277,3	5721,84
14,375	0,205	0,47	286,7	5993,59
14,562	0,207	0,477	296,4	6277,899
14,75	0,21	0,483	306,5	6575,589
14,937	0,213	0,489	317	6887,567
15,125	0,215	0,495	327,9	7214,773
15,312	0,218	0,501	339,3	7558,1
15,5	0,221	0,507	351,2	7918,301
15,687	0,223	0,513	363,6	8295,908
15,875	0,226	0,519	376,4	8691,181
16,062	0,229	0,526	389,7	9104,118
16,25	0,231	0,532	403,4	9534,522
16,437	0,234	0,538	417,5	9982,136
16,625	0,237	0,544	432	10446,828
16,812	0,239	0,55	446,9	10928,789
17	0,242	0,556	462,2	11428,722

TRIM BURITAN 0,75 m

LWL	136,407	m	136,407
Beam	25	m	25
Draft	7,683	m	7,683
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3861	m ²	3861
Prismatic coeff. (Cp)	0,653		0,653
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,749		0,749
1/2 angle of entrance	19	deg.	19
LCG from midships(+ve for'd)	0,793	m	0,793
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	179,673	m ²	--
Bulb transverse area	12,818	m ²	12,818
Bulb height from keel	3,099	m	3,099
Draft at FP	7,683	m	7,683
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM BURITAN 0,75 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,176	0,409	202,6	3697,659
12,687	0,178	0,415	209,3	3877,005
12,875	0,181	0,421	216,2	4063,88
13,062	0,184	0,427	223,3	4258,667
13,25	0,186	0,434	230,7	4461,762
13,437	0,189	0,44	238,3	4673,581
13,625	0,192	0,446	246,1	4894,545
13,812	0,194	0,452	254,2	5125,089
14	0,197	0,458	262,6	5365,665
14,187	0,2	0,464	271,2	5616,764
14,375	0,202	0,47	280,2	5878,935
14,562	0,205	0,477	289,4	6152,803
14,75	0,207	0,483	299,1	6439,076
14,937	0,21	0,489	309	6738,523
15,125	0,213	0,495	319,4	7051,941
15,312	0,215	0,501	330,2	7380,09
15,5	0,218	0,507	341,4	7723,63
15,687	0,221	0,513	353	8083,055
15,875	0,223	0,519	365	8458,667
16,062	0,226	0,526	377,5	8850,571
16,25	0,229	0,532	390,3	9258,74
16,437	0,231	0,538	403,6	9683,108
16,625	0,234	0,544	417,2	10123,715
16,812	0,236	0,55	431,1	10580,857
17	0,239	0,556	445,5	11055,232

TRIM HALUAN 0,5 m

LWL	133,793	m	133,793
Beam	25	m	25
Draft	7,576	m	7,576
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3856	m ²	3856
Prismatic coeff. (Cp)	0,667		0,667
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,744		0,744
1/2 angle of entrance	19,4	deg.	19,4
LCG from midships(+ve for'd)	-0,529	m	-0,529
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	179,382	m ²	--
Bulb transverse area	13,811	m ²	13,811
Bulb height from keel	1,995	m	1,995
Draft at FP	7,576	m	7,576
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM HALUAN 0,5 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,178	0,409	205,5	3738,5
12,687	0,18	0,415	212,4	3921,547
12,875	0,183	0,421	219,5	4112,498
13,062	0,186	0,427	226,8	4311,773
13,25	0,188	0,434	234,4	4519,807
13,437	0,191	0,44	242,3	4737,054
13,625	0,194	0,446	250,4	4963,971
13,812	0,196	0,452	258,8	5201,021
14	0,199	0,458	267,5	5448,683
14,187	0,201	0,464	276,5	5707,477
14,375	0,204	0,47	285,8	5977,99
14,562	0,207	0,477	295,5	6260,911
14,75	0,209	0,483	305,5	6557,035
14,937	0,212	0,489	315,9	6867,253
15,125	0,215	0,495	326,8	7192,498
15,312	0,217	0,501	338,1	7533,67
15,5	0,22	0,507	349,9	7891,543
15,687	0,223	0,513	362,1	8266,681
15,875	0,225	0,519	374,9	8659,384
16,062	0,228	0,526	388	9069,676
16,25	0,231	0,532	401,6	9497,371
16,437	0,233	0,538	415,7	9942,194
16,625	0,236	0,544	430,1	10403,952
16,812	0,239	0,55	444,8	10882,744
17	0,241	0,556	460	11379,14

TRIM BURITAN 1 m

LWL	136,969	m	136,969
Beam	25	m	25
Draft	7,804	m	7,804
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3862	m ²	3862
Prismatic coeff. (Cp)	0,648		0,648
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,75		0,75
1/2 angle of entrance	18,8	deg.	18,8
LCG from midships(+ve for'd)	1,058	m	1,058
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	180,384	m ²	--
Bulb transverse area	12,61	m ²	12,61
Bulb height from keel	3,326	m	3,326
Draft at FP	7,804	m	7,804
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM BURITAN 1 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,175	0,409	202,1	3689,242
12,687	0,178	0,415	208,7	3867,704
12,875	0,181	0,421	215,5	4053,604
13,062	0,183	0,427	222,6	4247,314
13,25	0,186	0,434	229,9	4449,224
13,437	0,189	0,44	237,4	4659,738
13,625	0,191	0,446	245,2	4879,272
13,812	0,194	0,452	253,2	5108,252
14	0,197	0,458	261,5	5347,129
14,187	0,199	0,464	270,1	5596,391
14,375	0,202	0,47	278,9	5856,584
14,562	0,204	0,477	288,1	6128,323
14,75	0,207	0,483	297,6	6412,297
14,937	0,21	0,489	307,5	6709,25
15,125	0,212	0,495	317,7	7019,939
15,312	0,215	0,501	328,4	7345,082
15,5	0,218	0,507	339,4	7685,294
15,687	0,22	0,513	350,9	8041,042
15,875	0,223	0,519	362,8	8412,612
16,062	0,225	0,526	375,1	8800,127
16,25	0,228	0,532	387,7	9203,606
16,437	0,231	0,538	400,8	9623,057
16,625	0,233	0,544	414,2	10058,617
16,812	0,236	0,55	428	10510,684
17	0,239	0,556	442,2	10980,05

TRIM HALUAN 0,25 m

LWL	134,283	m	134,283
Beam	25	m	25
Draft	7,449	m	7,449
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3857	m ²	3857
Prismatic coeff. (Cp)	0,667		0,667
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,745		0,745
1/2 angle of entrance	19,4	deg.	19,4
LCG from midships(+ve for'd)	-0,264	m	-0,264
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	178,727	m ²	--
Bulb transverse area	13,588	m ²	13,588
Bulb height from keel	2,201	m	2,201
Draft at FP	7,449	m	7,449
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM HALUAN 0,25 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,177	0,409	204,9	3730,055
12,687	0,18	0,415	211,8	3912,52
12,875	0,183	0,421	218,9	4102,835
13,062	0,185	0,427	226,2	4301,409
13,25	0,188	0,434	233,7	4508,675
13,437	0,19	0,44	241,5	4725,079
13,625	0,193	0,446	249,6	4951,073
13,812	0,196	0,452	257,9	5187,113
14	0,198	0,458	266,6	5433,67
14,187	0,201	0,464	275,5	5691,25
14,375	0,204	0,47	284,8	5960,425
14,562	0,206	0,477	294,4	6241,862
14,75	0,209	0,483	304,3	6536,334
14,937	0,212	0,489	314,7	6844,711
15,125	0,214	0,495	325,5	7167,91
15,312	0,217	0,501	336,7	7506,828
15,5	0,22	0,507	348,4	7862,246
15,687	0,222	0,513	360,5	8234,745
15,875	0,225	0,519	373,1	8624,65
16,062	0,228	0,526	386,2	9032,012
16,25	0,23	0,532	399,7	9456,661
16,437	0,233	0,538	413,6	9898,322
16,625	0,236	0,544	427,8	10356,779
16,812	0,238	0,55	442,5	10832,074
17	0,241	0,556	457,5	11324,697

TRIM BURITAN 1,27 m

LWL	137,19	m	137,19
Beam	25	m	25
Draft	7,933	m	7,933
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3861	m ²	3861
Prismatic coeff. (Cp)	0,64		0,64
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,75		0,75
1/2 angle of entrance	18,6	deg.	18,6
LCG from midships(+ve for'd)	1,348	m	1,348
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	182,32	m ²	--
Bulb transverse area	12,37	m ²	12,37
Bulb height from keel	3,568	m	3,568
Draft at FP	7,933	m	7,933
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

TRIM BURITAN 1,27 m

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,175	0,409	201,3	3676,506
12,687	0,178	0,415	207,9	3853,79
12,875	0,181	0,421	214,7	4038,399
13,062	0,183	0,427	221,7	4230,697
13,25	0,186	0,434	228,9	4431,062
13,437	0,188	0,44	236,3	4639,888
13,625	0,191	0,446	244	4857,579
13,812	0,194	0,452	252	5084,56
14	0,196	0,458	260,2	5321,278
14,187	0,199	0,464	268,6	5568,224
14,375	0,202	0,47	277,4	5825,946
14,562	0,204	0,477	286,5	6095,053
14,75	0,207	0,483	295,9	6376,216
14,937	0,21	0,489	305,6	6670,142
15,125	0,212	0,495	315,8	6977,532
15,312	0,215	0,501	326,3	7299,036
15,5	0,217	0,507	337,2	7635,198
15,687	0,22	0,513	348,5	7986,423
15,875	0,223	0,519	360,1	8352,971
16,062	0,225	0,526	372,2	8734,978
16,25	0,228	0,532	384,7	9132,532
16,437	0,231	0,538	397,5	9545,766
16,625	0,233	0,544	410,7	9974,983
16,812	0,236	0,55	424,2	10420,775
17	0,238	0,556	438,2	10884,128

EVEN KEEL

LWL	134,783	m	134,783
Beam	25	m	25
Draft	7,32	m	7,32
Displaced volume	16008	m ³	16008
Wetted area	3859	m ²	3859
Prismatic coeff. (Cp)	0,667		0,667
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,746		0,746
1/2 angle of entrance	19,4	deg.	19,4
LCG from midships(+ve for'd)	0	m	0
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	0	m	--
Transom draft	0	m	--
Max sectional area	178,064	m ²	--
Bulb transverse area	13,381	m ²	13,381
Bulb height from keel	2,419	m	2,419
Draft at FP	7,32	m	7,32
Deadrise at 50% LWL	0,1	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m ²	
Headwind	0	kn	
Drag Coefficient	0		
Air density	0,001	tonne/m ³	
Appendage Area	0	m ²	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0,0004		Calculated
Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s	
Water Density	1,026	tonne/m ³	

EVEN KEEL

Speed (knots)	FnL	FnV	Resistance (kN)	Power (HP)
12,5	0,177	0,409	204,4	3722,891
12,687	0,18	0,415	211,2	3904,793
12,875	0,182	0,421	218,2	4094,483
13,062	0,185	0,427	225,5	4292,364
13,25	0,187	0,434	233	4498,861
13,437	0,19	0,44	240,7	4714,414
13,625	0,193	0,446	248,8	4939,467
13,812	0,195	0,452	257,1	5174,47
14	0,198	0,458	265,7	5419,884
14,187	0,201	0,464	274,5	5676,202
14,375	0,203	0,47	283,7	5943,979
14,562	0,206	0,477	293,3	6223,859
14,75	0,209	0,483	303,2	6516,592
14,937	0,211	0,489	313,4	6823,023
15,125	0,214	0,495	324,1	7144,053
15,312	0,217	0,501	335,2	7480,571
15,5	0,219	0,507	346,8	7833,36
15,687	0,222	0,513	358,8	8203,02
15,875	0,225	0,519	371,3	8589,896
16,062	0,227	0,526	384,2	8994,067
16,25	0,23	0,532	397,6	9415,383
16,437	0,233	0,538	411,4	9853,571
16,625	0,235	0,544	425,5	10308,395
16,812	0,238	0,55	440	10779,847
17	0,241	0,556	454,8	11268,338

EFFICIENCY KONDISI TRIM HALUAN 1,27 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 132,34 \text{ m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \text{ m} \\
 B &= 25,00 \text{ m} \\
 H &= 12,80 \text{ m} \\
 T &= 7,33 \text{ m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \text{ knots} = 6,431 \text{ m/s} \\
 C_b &= 0,660 \text{ (block coefficient)} \\
 C_p &= 0,675 \text{ (prismatic coefficient)} \\
 C_m &= 0,977 \text{ (midship coefficient)} \\
 C_{wp} &= 0,743 \text{ (waterplane coefficient)} \\
 \Delta &= 16425,00 \text{ ton} \\
 WSA &= 3854,14 \text{ m}^2 \\
 \rho &= 1026 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \text{ ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \text{ m}^3 \\
 LCB \% &= 0,4920 \% \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{V_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,179
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/132,338 \\
 &= 0,189
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (132,338^3)/16008,7719298246 \\
 &= 144,776
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$ (ref : PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{\text{stern}} \gg$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$\begin{aligned}
 L_R/L &= 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1) \\
 &= (1 - 0,675301901341338 + 0,06 * 0,675301901341338 * 0,492) / (4 * 0,675301901341338 - 1) \\
 &= 0,203
 \end{aligned}$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.188910214753132^{1.0681}) * ((7.334/132.338)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.2026)^{0.1216}) * ((144.7757^{0.3649}) * ((1-0.675301901341338)^{(-0.6042)})) \\ &= 1.2135 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kapal

(ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18.880 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 132.338 * 7.334) / 100)) * 2 \\ &= 18.880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0.000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3854.139 + 18.879588 \\ &= 3873.019 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] S_{\text{app}} / S_{\text{tot}} \\ &= 1.21352472916634 + ((1.5 - 1.21352472916634) * ((18.879588 + 0) / 3873.018588)) \\ &= 1.215 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.00159605 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.00045941 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref : PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \quad \text{m}$$

$$C_{stern} = -10 \quad (\text{v-shaped section})$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,213$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref : PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 Cb + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref : PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,2149211942136 \cdot 0,001596048) + 0,000459413$$

$$= 0,00240$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,120$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, η_H

(ref : PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,213402028494605) / (1 - 0,120023288925395)$$

$$= 0,894$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, η_R

(ref : PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(C_P - 0,02251cb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, η_o

(Prediction of Resistance and propulsion Power of Ship hal.14)

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

$$= 0,500$$

$$C_{th} = (8/3,14) \cdot R / ((1 - t) \cdot \rho \cdot (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,979$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, η_D

(ref : PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8939 \cdot 0,98 \cdot 0,500446610624228$$

$$= 0,4384$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, η_t

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref : Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \quad \text{for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,005) \cdot (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,42752965$$

EFFICIENCY KONDISI TRIM BURITAN 0,25 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 135,31 \text{ m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \text{ m} \\
 B &= 25,00 \text{ m} \\
 H &= 12,80 \text{ m} \\
 T &= 7,32 \text{ m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \text{ knots} = 6,431 \text{ m/s} \\
 C_b &= 0,647 \text{ (block coefficient)} \\
 C_p &= 0,662 \text{ (prismatic coefficient)} \\
 C_m &= 0,977 \text{ (midship coefficient)} \\
 C_{wp} &= 0,746 \text{ (waterplane coefficient)} \\
 \Delta &= 16425,00 \text{ ton} \\
 WSA &= 3858,85 \text{ m}^2 \\
 \rho &= 1026 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \text{ ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \text{ m}^3 \\
 LCB \% &= -0,8080 \% \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{V_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,177
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/135,313 \\
 &= 0,185
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (135,313^3)/16008,7719298246 \\
 &= 154,761
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$ (ref: PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{\text{stern}} >>$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref: PNA vol.II, hal.91)

$$\begin{aligned}
 L_R/L &= 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1) \\
 &= (1 - 0,661989143605804 + 0,06 * 0,661989143605804 * -0,808) / (4 * 0,661989143605804 - 1) \\
 &= 0,186
 \end{aligned}$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.184756823069476^{1.0681}) * ((7.317/135.313)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.1856)^{0.1216}) * ((154.7607^{0.3649}) * ((1-0.661989143605804)^{(-0.6042)})) \\ &= 1.2067 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kapal

(ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18.880 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 135.313 * 7.317) / 100)) * 2 \\ &= 18.880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0.000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3858.85 + 18.879588 \\ &= 3877.730 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] S_{\text{app}} / S_{\text{tot}} \\ &= 1.20670412739204 + ((1.5 - 1.20670412739204) * ((18.879588 + 0) / 3877.729588)) \\ &= 1.208 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.00159171 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.00045448 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref : PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \quad \text{m}$$

$$C_{stern} = -10 \quad (\text{v-shaped section})$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,212$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref : PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref : PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,20813210350829 \cdot 0,001591713) + 0,000454482$$

$$= 0,00238$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,116$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, η_H

(ref : PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,212) / (1 - 0,116)$$

$$= 0,891$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, η_R

(ref : PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A_0) + 0,07424(C_p - 0,0225 l_{cb})$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, η_o

(Prediction of Resistance and propulsion Power of Ship hal.14)

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

$$= 0,505$$

$$C_{th} = (8/3,14) \cdot R / ((1 - t) \cdot p \cdot (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,765$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, η_D

(ref : PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8908 \cdot 0,98 \cdot 0,504981453217562$$

$$= 0,4408$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, η_t

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref : Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \quad \text{for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,005) \cdot (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,42990766$$

EFFICIENCY

KONDISI TRIM HALUAN 1 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 132,84 \quad \text{m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \quad \text{m} \\
 B &= 25,00 \quad \text{m} \\
 H &= 12,80 \quad \text{m} \\
 T &= 7,33 \quad \text{m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \quad \text{knots} = 6,431 \quad \text{m/s} \\
 C_b &= 0,658 \quad (\text{block coefficient}) \\
 C_p &= 0,673 \quad (\text{prismatic coefficient}) \\
 C_m &= 0,977 \quad (\text{midship coefficient}) \\
 C_{wp} &= 0,744 \quad (\text{waterplane coefficient}) \\
 \Delta &= 16425,00 \quad \text{ton} \\
 WSA &= 3854,56 \quad \text{m}^2 \\
 \rho &= 1026 \quad \text{kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \quad \text{ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \quad \text{m}^3 \\
 LCB \% &= 0,2660 \% \\
 g &= 9,81 \quad \text{m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,178
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/132,835 \\
 &= 0,188
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (132,835^3)/16008,7719298246 \\
 &= 146,413
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan $(1 + k)$

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{\text{stern}} >>$$

$$= 0,89$$

$c_{\text{stern}} = -25$ for pram with gondola

$c_{\text{stern}} = -10$ for V-shaped sections

$c_{\text{stern}} = 0$ for normal section shape

$c_{\text{stern}} = 10$ for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$L_R/L = 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1)$$

$$= (1 - 0,673050584067042 + 0,06 * 0,673050584067042 * 0,266) / (4 * 0,673050584067042 - 1)$$

$$= 0,200$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.188203410245794)^{1.0681} * ((7.331/132.835)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.1996)^{0.1216}) * ((146.413)^{0.3649}) * ((1-0.673050584067042)^{(-0.6042)}) \\ &= 1.2123 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kapal (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

$S_{\text{kemudi}} = \text{luasan daun kemudi}$

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18,880 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 132.835 * 7.331) / 100)) * 2 \\ &= 18,880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0,000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3854,557 + 18,879588 \\ &= 3873,437 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{\text{app}} / S_{\text{tot}} \\ &= 1.21234262329064 + ((1.5 - 1.21234262329064) * ((18.879588 + 0) / 3873.436588)) \\ &= 1.214 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.0015953 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.0004586 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref : PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \quad \text{m}$$

$$C_{stern} = -10 \quad (\nu\text{-shaped section})$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,213$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref : PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 Cb + 10 C_v Cb - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref : PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,2137446993629 \cdot 0,001595289) + 0,000458554$$

$$= 0,00239$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,119$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref : PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,21319141032649) / (1 - 0,119265722896453)$$

$$= 0,893$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref : PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(C_p - 0,0225lcb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion Power of Ship hal.14)

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

$$= 0,501$$

$$C_{th} = (8/3,14) \cdot R / ((1 - t) \cdot p \cdot (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,934$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref : PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8934 \cdot 0,98 \cdot 0,501378138013072$$

$$= 0,4390$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref : Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \quad \text{for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,005) \cdot (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,4280859$$

EFFICIENCY

KONDISI TRIM BURITAN 0,5 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 135,86 & \text{m} \\
 L_{PP} &= 134,19 & \text{m} \\
 B &= 25,00 & \text{m} \\
 H &= 12,80 & \text{m} \\
 T &= 7,31 & \text{m} \\
 V_{sea} &= 12,5 & \text{knots} = 6,431 \text{ m/s} \\
 C_b &= 0,645 & \text{(block coefficient)} \\
 C_p &= 0,660 & \text{(prismatic coefficient)} \\
 C_m &= 0,977 & \text{(midship coefficient)} \\
 C_{wp} &= 0,747 & \text{(waterplane coefficient)} \\
 \Delta &= 16425,00 & \text{ton} \\
 WSA &= 3860,09 & \text{m}^2 \\
 \rho &= 1026 & \text{kg/m}^3 \\
 &= 1,026 & \text{ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 & \text{m}^3 \\
 LCB \% &= -1,0360 & \% \\
 g &= 9,81 & \text{m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,176
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/135,857 \\
 &= 0,184
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (135,857^3)/16008,7719298246 \\
 &= 156,635
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan $(1 + k)$

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{\text{stern}} >>$$

$$= 0,89$$

$c_{\text{stern}} = -25$ for pram with gondola

$c_{\text{stern}} = -10$ for V-shaped sections

$c_{\text{stern}} = 0$ for normal section shape

$c_{\text{stern}} = 10$ for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$L_R/L = 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1)$$

$$= (1 - 0,659699038933295 + 0,06 * 0,659699038933295 * -1,036) / (4 * 0,659699038933295 - 1)$$

$$= 0,183$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned}
 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\
 &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.184017017893815)^{1.0681} * ((7.313/135.857)^{0.4611}) \\
 &\quad * ((1/0.1826)^{0.1216}) * ((156.6347^{0.3649}) * ((1-0.659699038933295)^{(-0.6042)})) \\
 &= 1.2056
 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned}
 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\
 &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\
 (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\
 &= 1.500
 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kapal (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

$S_{\text{kemudi}} = \text{luasan daun kemudi}$

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\
 &= 18,880
 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\
 C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\
 C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\
 C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 135.857 * 7.313) / 100)) * 2 \\
 &= 18,880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\
 &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\
 &= 0,000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah}
 \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\
 &= 3860,086 + 18,879588 \\
 &= 3878,966 \quad \text{m}^2
 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned}
 1+k &= 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{\text{app}} / S_{\text{tot}} \\
 &= 1.20557365857424 + ((1.5 - 1.20557365857424) * ((18.879588 + 0) / 3878.965588)) \\
 &= 1.207
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned}
 C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\
 &= 0.0015908
 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned}
 C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\
 &= 0.0004534
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref : PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \quad \text{m}$$

$$C_{stern} = -10 \quad (\nu\text{-shaped section})$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,212$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref : PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 Cb + 10 C_v Cb - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref : PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,20700668186263 * 0,001590754) + 0,000453385$$

$$= 0,00237$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,115$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref : PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,211924964843596) / (1 - 0,114778194242652)$$

$$= 0,890$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref : PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(Cp - 0,0225lcb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion Power of Ship hal.14)

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

$$= 0,506$$

$$C_{th} = (8/3,14) * R / ((1 - t) * p * (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,732$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref : PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8903 * 0,98 * 0,505683803728226$$

$$= 0,4412$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref : Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \quad \text{for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) * (1 - 0,005) * (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,430264$$

EFFICIENCY
KONDISI TRIM HALUAN 0,75 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 133,31 \text{ m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \text{ m} \\
 B &= 25,00 \text{ m} \\
 H &= 12,80 \text{ m} \\
 T &= 7,33 \text{ m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \text{ knots} = 6,431 \text{ m/s} \\
 C_b &= 0,655 \text{ (block coefficient)} \\
 C_p &= 0,671 \text{ (prismatic coefficient)} \\
 C_m &= 0,977 \text{ (midship coefficient)} \\
 C_{wp} &= 0,744 \text{ (waterplane coefficient)} \\
 \Delta &= 16425,00 \text{ ton} \\
 WSA &= 3855,14 \text{ m}^2 \\
 \rho &= 1026 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \text{ ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \text{ m}^3 \\
 LCB \% &= 0,0730 \% \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,178
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/133,31 \\
 &= 0,188
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (133,31^3)/16008,7719298246 \\
 &= 147,989
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$

(ref: PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{stern} >>$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref: PNA vol.II, hal.91)

$$L_R/L = 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1)$$

$$= (1 - 0,670835435033052 + 0,06 * 0,670835435033052 * 0,073) / (4 * 0,670835435033052 - 1)$$

$$= 0,197$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.187532818243193^{1.0681}) * ((7.329/133.31)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.1973)^{0.1216}) * ((147.9892^{0.3649}) * ((1-0.670835435033052)^{(-0.6042)})) \\ &= 1.2111 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kap. (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18,880 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 133.31 * 7.329) / 100)) * 2 \\ &= 18,880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0,000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3855,136 + 18,879588 \\ &= 3874,016 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{\text{app}}/S_{\text{tot}} \\ &= 1.21111783343898 + ((1.5 - 1.21111783343898) * ((18.879588 + 0) / 3874.015588)) \\ &= 1.213 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.0015946 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.0004577 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \quad \text{m}$$

$$C_{stern} = -10 \quad (\text{v-shaped section})$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,213$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,21252566883905 \cdot 0,001594568) + 0,000457736$$

$$= 0,00239$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,119$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref: PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,212987978600302) / (1 - 0,118520237224826)$$

$$= 0,893$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(C_p - 0,02251cb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

Power of Ship hal.14)

$$= 0,502$$

$$C_{th} = (8/3,14) \cdot R / ((1 - t) \cdot p \cdot (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,898$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref: PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8928 \cdot 0,98 \cdot 0,502145787541002$$

$$= 0,4393$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref: Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \quad \text{for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,005) \cdot (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,4284534$$

EFFICIENCY
KONDISI TRIM BURITAN 0,75 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 136,41 \text{ m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \text{ m} \\
 B &= 25,00 \text{ m} \\
 H &= 12,80 \text{ m} \\
 T &= 7,31 \text{ m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \text{ knots} = 6,431 \text{ m/s} \\
 C_b &= 0,642 \text{ (block coefficient)} \\
 C_p &= 0,657 \text{ (prismatic coefficient)} \\
 C_m &= 0,977 \text{ (midship coefficient)} \\
 C_{wp} &= 0,748 \text{ (waterplane coefficient)} \\
 \Delta &= 16425,00 \text{ ton} \\
 WSA &= 3861,45 \text{ m}^2 \\
 \rho &= 1026 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \text{ ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \text{ m}^3 \\
 LCB \% &= -1,2600 \% \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,176
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/136,405 \\
 &= 0,183
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L^3/∇

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (136,405^3)/16008,7719298246 \\
 &= 158,538
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{stern} >>$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$L_R/L = 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1)$$

$$= (1 - 0,657498273052767 + 0,06 * 0,657498273052767 * -1,26) / (4 * 0,657498273052767 - 1)$$

$$= 0,180$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.183277739085811^{1.0681}) * ((7.308/136.405)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.1796)^{0.1216}) * ((158.5378^{0.3649}) * ((1-0.657498273052767)^{(-0.6042)})) \\ &= 1.2045 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kapal (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18,880 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 136.405 * 7.308) / 100)) * 2 \\ &= 18,880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0,000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3861,451 + 18,879588 \\ &= 3880,331 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{\text{app}}/S_{\text{tot}} \\ &= 1.20448869472053 + ((1.5 - 1.20448869472053) * ((18.879588 + 0) / 3880.330588)) \\ &= 1.206 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.0015899 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.0004525 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \text{ m}$$

$$C_{stern} = -10 \text{ (v-shaped section)}$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,212$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,20592649275513 \cdot 0,001589945) + 0,000452455$$

$$= 0,00237$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,114$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref: PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,21169316646072) / (1 - 0,114038411848627)$$

$$= 0,890$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(C_p - 0,02251cb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

Power of Ship hal.14)

$$= 0,507$$

$$C_{th} = (8/3,14) \cdot R / ((1 - t) \cdot p \cdot (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,689$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref: PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8898 \cdot 0,98 \cdot 0,506622780256572$$

$$= 0,4418$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref: Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \text{ for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \text{ for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \text{ for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,005) \cdot (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,4308208$$

EFFICIENCY

KONDISI TRIM HALUAN 0,5 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 133,79 \quad \text{m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \quad \text{m} \\
 B &= 25,00 \quad \text{m} \\
 H &= 12,80 \quad \text{m} \\
 T &= 7,33 \quad \text{m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \quad \text{knots} = 6,431 \quad \text{m/s} \\
 C_b &= 0,653 \quad (\text{block coefficient}) \\
 C_p &= 0,669 \quad (\text{prismatic coefficient}) \\
 C_m &= 0,977 \quad (\text{midship coefficient}) \\
 C_{wp} &= 0,745 \quad (\text{waterplane coefficient}) \\
 \Delta &= 16425,00 \quad \text{ton} \\
 WSA &= 3855,85 \quad \text{m}^2 \\
 \rho &= 1026 \quad \text{kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \quad \text{ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \quad \text{m}^3 \\
 LCB \% &= -0,1600 \% \\
 g &= 9,81 \quad \text{m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,178
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/133,79 \\
 &= 0,187
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L^3/∇

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (133,79^3)/16008,7719298246 \\
 &= 149,594
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{\text{stern}} >>$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$L_R/L = 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1)$$

$$= (1 - 0,668702392449343 + 0,06 * 0,668702392449343 * -0,16) / (4 * 0,668702392449343 - 1)$$

$$= 0,194$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-Cp)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.18686000448464^{1.0681}) * ((7.326/133.79)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.194)^{0.1216}) * ((149.5936^{0.3649}) * ((1-0.668702392449343)^{(-0.6042)})) \\ &= 1.2101 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kap. (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18,880 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 133.79 * 7.326) / 100)) * 2 \\ &= 18,880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0,000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3855,85 + 18,879588 \\ &= 3874,730 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{\text{app}}/S_{\text{tot}} \\ &= 1.21010709796433 + ((1.5 - 1.21010709796433) * ((18.879588 + 0) / 3874.729588)) \\ &= 1.212 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1,595966 \times 10^{-3} \\ &= 0,0015938 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0,45932 \times 10^{-3} \\ &= 0,0004569 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \text{ m}$$

$$C_{stern} = -10 \text{ (v-shaped section)}$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,213$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,21151959874155 * 0,001593843) + 0,000456911$$

$$= 0,00239$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,118$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref: PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,212790959624793) / (1 - 0,117803803332932)$$

$$= 0,892$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(C_p - 0,02251cb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

Power of Ship hal.14)

$$= 0,503$$

$$C_{th} = (8/3,14) * R / ((1 - t) * \rho * (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,866$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref: PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8923 * 0,98 * 0,502822725224394$$

$$= 0,4397$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref: Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \text{ for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \text{ for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \text{ for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) * (1 - 0,005) * (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,4287907$$

EFFICIENCY KONDISI TRIM BURITAN 1 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 136,97 \text{ m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \text{ m} \\
 B &= 25,00 \text{ m} \\
 H &= 12,80 \text{ m} \\
 T &= 7,30 \text{ m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \text{ knots} = 6,431 \text{ m/s} \\
 C_b &= 0,640 \text{ (block coefficient)} \\
 C_p &= 0,655 \text{ (prismatic coefficient)} \\
 C_m &= 0,977 \text{ (midship coefficient)} \\
 C_{wp} &= 0,749 \text{ (waterplane coefficient)} \\
 \Delta &= 16425,00 \text{ ton} \\
 WSA &= 3862,98 \text{ m}^2 \\
 \rho &= 1026 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \text{ ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \text{ m}^3 \\
 LCB \% &= -1,4860 \% \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,175
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/136,969 \\
 &= 0,183
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L^3/∇

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (136,969^3)/16008,7719298246 \\
 &= 160,513
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{\text{stern}} \gg$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$\begin{aligned}
 L_R/L &= 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1) \\
 &= (1 - 0,655149472252639 + 0,06 * 0,655149472252639 * -1,486) / (4 * 0,655149472252639 - 1) \\
 &= 0,177
 \end{aligned}$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.182523052661551^{1.0681}) * ((7.304/136.969)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.1767)^{0.1216}) * ((160.5125^{0.3649}) * ((1-0.655149472252639)^{(-0.6042)})) \\ &= 1.2033 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kapal (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18.880 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 136.969 * 7.304) / 100)) * 2 \\ &= 18.880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0.000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3862.978 + 18.879588 \\ &= 3881.858 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] S_{\text{app}} / S_{\text{tot}} \\ &= 1.20333960421158 + ((1.5 - 1.20333960421158) * ((18.879588 + 0) / 3881.857588)) \\ &= 1.205 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.0015891 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.0004515 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \text{ m}$$

$$C_{stern} = -10 \text{ (v-shaped section)}$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,211$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,20478242531499 \cdot 0,001589114) + 0,0004515$$

$$= 0,00237$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,113$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref: PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,211458299556956) / (1 - 0,113249631809063)$$

$$= 0,889$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(C_p - 0,02251cb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

Power of Ship hal.14)

$$= 0,507$$

$$C_{th} = (8/3,14) \cdot R / ((1 - t) \cdot p \cdot (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,656$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref: PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8892 \cdot 0,98 \cdot 0,507334418664663$$

$$= 0,4421$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref: Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \text{ for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \text{ for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \text{ for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,005) \cdot (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,431135$$

EFFICIENCY
KONDISI TRIM HALUAN 0,25 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 134,29 \quad \text{m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \quad \text{m} \\
 B &= 25,00 \quad \text{m} \\
 H &= 12,80 \quad \text{m} \\
 T &= 7,32 \quad \text{m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \quad \text{knots} = 6,431 \quad \text{m/s} \\
 C_b &= 0,651 \quad (\text{block coefficient}) \\
 C_p &= 0,666 \quad (\text{prismatic coefficient}) \\
 C_m &= 0,977 \quad (\text{midship coefficient}) \\
 C_{wp} &= 0,745 \quad (\text{waterplane coefficient}) \\
 \Delta &= 16425,00 \quad \text{ton} \\
 WSA &= 3856,71 \quad \text{m}^2 \\
 \rho &= 1026 \quad \text{kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \quad \text{ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \quad \text{m}^3 \\
 LCB \% &= -0,3760 \% \\
 g &= 9,81 \quad \text{m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,177
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/134,286 \\
 &= 0,186
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L^3/∇

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (134,286^3)/16008,7719298246 \\
 &= 151,264
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{\text{stern}} >>$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$L_R/L = 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1)$$

$$= (1 - 0,6664143984783 + 0,06 * 0,6664143984783 * -0,376) / (4 * 0,6664143984783 - 1)$$

$$= 0,191$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.186169816659965^{1.0681}) * ((7.324/134.286)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.1912)^{0.1216}) * ((151.2635^{0.3649}) * ((1-0.6664143984783)^{(-0.6042)})) \\ &= 1.2090 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kap. (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18,880 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 134.286 * 7.324) / 100)) * 2 \\ &= 18,880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0,000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3856,713 + 18,879588 \\ &= 3875,593 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{\text{app}}/S_{\text{tot}} \\ &= 1.20895421409593 + ((1.5 - 1.20895421409593) * ((18.879588 + 0) / 3875.592588)) \\ &= 1.210 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.0015931 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.0004561 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \text{ m}$$

$$C_{stern} = -10 \text{ (v-shaped section)}$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,213$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,21037201650995 * 0,001593097) + 0,000456062$$

$$= 0,00238$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,117$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref: PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,21258543329479) / (1 - 0,117035262817372)$$

$$= 0,892$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(C_p - 0,02251cb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

Power of Ship hal.14)

$$= 0,504$$

$$C_{th} = (8/3,14) * R / ((1 - t) * p * (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,829$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref: PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8918 * 0,98 * 0,503601954217339$$

$$= 0,4401$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref: Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \text{ for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \text{ for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \text{ for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) * (1 - 0,005) * (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,4292145$$

EFFICIENCY
KONDISI TRIM BURITAN 1,27 m

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 137,59 \text{ m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \text{ m} \\
 B &= 25,00 \text{ m} \\
 H &= 12,80 \text{ m} \\
 T &= 7,30 \text{ m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \text{ knots} = 6,431 \text{ m/s} \\
 C_b &= 0,638 \text{ (block coefficient)} \\
 C_p &= 0,653 \text{ (prismatic coefficient)} \\
 C_m &= 0,977 \text{ (midship coefficient)} \\
 C_{wp} &= 0,750 \text{ (waterplane coefficient)} \\
 \Delta &= 16425,00 \text{ ton} \\
 WSA &= 3864,86 \text{ m}^2 \\
 \rho &= 1026 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \text{ ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \text{ m}^3 \\
 LCB \% &= -1,7290 \% \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,175
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/137,593 \\
 &= 0,182
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L^3/∇

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (137,593^3)/16008,7719298246 \\
 &= 162,716
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$ (ref: PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{stern} >>$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref: PNA vol.II, hal.91)

$$\begin{aligned}
 L_R/L &= 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1) \\
 &= (1 - 0,652714478280118 + 0,06 * 0,652714478280118 * -1,729) / (4 * 0,652714478280118 - 1) \\
 &= 0,174
 \end{aligned}$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.181695289731309)^{1.0681} * ((7.298/137.593)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.1736)^{0.1216}) * ((162.7163)^{0.3649}) * ((1-0.652714478280118)^{(-0.6042)}) \\ &= 1.2021 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kapal (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18.880 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$S_{\text{kemudi}} = (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 137.593 * 7.298) / 100)) * 2$$

$$= 18.880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri}$$

S_{bilge} = luasan bilge keels

(ref : Practical Ship Design, hal.254)

$$= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2))$$

$$= 0.000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3864.859 + 18.879588 \\ &= 3883.739 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$1+k = 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{\text{app}}/S_{\text{tot}}$$

$$= 1.20212515720359 + ((1.5 - 1.20212515720359) * ((18.879588 + 0) / 3883.738588))$$

$$= 1.204$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.0015882 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.0004505 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \text{ m}$$

$$C_{stern} = -10 \text{ (v-shaped section)}$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,211$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A$$

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$= (1,20357318316623 \cdot 0,001588205) + 0,000450452$$

$$= 0,00236$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,112$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref: PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,211) / (1 - 0,112)$$

$$= 0,889$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A_0) + 0,07424(C_p - 0,0225) C_b$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

Power of Ship hal.14)

$$= 0,508$$

$$C_{th} = (8/3,14) \cdot R / ((1 - t) \cdot \rho \cdot (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,612$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref: PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8887 \cdot 0,98 \cdot 0,508307840939213$$

$$= 0,4427$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref: Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \text{ for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \text{ for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \text{ for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,005) \cdot (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,4317194$$

EFFICIENCY KONDISI EVEN KEEL

I. UKURAN UTAMA DAN BESARAN

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 134,78 \quad \text{m} \\
 L_{PP} &= 134,19 \quad \text{m} \\
 B &= 25,00 \quad \text{m} \\
 H &= 12,80 \quad \text{m} \\
 T &= 7,32 \quad \text{m} \\
 V_{sea} &= 12,5 \quad \text{knots} = 6,431 \quad \text{m/s} \\
 C_b &= 0,649 \quad (\text{block coefficient}) \\
 C_p &= 0,664 \quad (\text{prismatic coefficient}) \\
 C_m &= 0,977 \quad (\text{midship coefficient}) \\
 C_{wp} &= 0,746 \quad (\text{waterplane coefficient}) \\
 \Delta &= 16425,00 \quad \text{ton} \\
 WSA &= 3857,72 \quad \text{m}^2 \\
 \rho &= 1026 \quad \text{kg/m}^3 \\
 &= 1,026 \quad \text{ton/m}^3 \\
 \nabla &= 16008,77 \quad \text{m}^3 \\
 LCB \% &= -0,5950 \% \\
 g &= 9,81 \quad \text{m/s}^2 \\
 F_n &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}} \\
 &= 0,177
 \end{aligned}$$

A.1 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 B/L &= 25/134,783 \\
 &= 0,185
 \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan L_R/L

$$\begin{aligned}
 L^3/\nabla &= (134,783^3)/16008,7719298246 \\
 &= 152,949
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan (1 + k)

B.1 Perhitungan Koefisien $1+k_1$ (ref : PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871c (B/L)^{1,0681} (T/L)^{0,4611} (L/LR)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{(-0,6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0,011c_{\text{stern}} \gg$$

$$= 0,89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

B.2 Perhitungan L_R/L

(ref : PNA vol.II, hal.91)

$$\begin{aligned}
 L_R/L &= 1 - C_p + 0,06C_p LCB / (4C_p - 1) \\
 &= (1 - 0,664319874324758 + 0,06 * 0,664319874324758 * -0,595) / (4 * 0,664319874324758 - 1) \\
 &= 0,188
 \end{aligned}$$

Sehingga, harga $1+k_1$ adalah :

$$\begin{aligned} 1+k_1 &= 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)} \\ &= 0.93 + 0.4871 * 0.89 * (0.185483332467744^{1.0681}) * ((7.32/134.783)^{0.4611}) \\ &\quad * ((1/0.1882)^{0.1216}) * ((152.9492^{0.3649}) * ((1-0.664319874324758)^{(-0.6042)})) \\ &= 1.2079 \end{aligned}$$

B.3 Perhitungan Koefisien $1+k_2$

(ref : PNA vol.II, tabel 25, hal.92)

Koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air.

$$\begin{aligned} 1+k_2 &= 1.50 \quad (\text{for rudder of single screw ships}) \\ &= 0 \quad (\text{for bilge keels}) \\ (1+k_2)_{\text{eff}} &= ((1.5 \times 27.09) + (1.4 \times 71.872)) / (27.09 + 71.872) \\ &= 1.500 \end{aligned}$$

B.4 Perhitungan Luas Permukaan Basah tonjolan pada kapal (ref : BKI vol.II, sec.14 A.3, hal.14 -1)

S_{kemudi} = luasan daun kemudi

$$= C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L T) / 100)$$

$$\begin{aligned} S_{\text{app}} &= S_{\text{kemudi}} + S_{\text{bilge}} \\ &= 18.880 \end{aligned}$$

dimana ;

$$\begin{aligned} C_1 &= 1.0 \quad \text{for general} \\ C_2 &= 0.9 \quad \text{for semi-spade rudders} \\ C_3 &= 1.0 \quad \text{for NACA profile and plate rudder} \\ C_4 &= 1.0 \quad \text{for rudder in the propeller jet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{kemudi}} &= (1 * 0.9 * 1 * 1 * ((1.75 * 134.783 * 7.32) / 100)) * 2 \\ &= 18.880 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 2 karena yang tercelup kanan dan kiri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{bilge}} &= \text{luasan bilge keels} \quad (\text{ref : Practical Ship Design, hal.254}) \\ &= 0.6 C_b L (0.18 / (C_b - 0.2)) \\ &= 0.000 \quad \text{m}^2 \quad \text{dikali 4 karena yang tercelup kanan dan kiri, atas dan bawah} \end{aligned}$$

Maka, total luas permukaan basah kapal adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= WSA + S_{\text{app}} \\ &= 3857.721 + 18.879588 \\ &= 3876.601 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

B.5 Perhitungan Koefisien $1+k$

(ref : PNA vol.II, hal.92)

$$\begin{aligned} 1+k &= 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] S_{\text{app}} / S_{\text{tot}} \\ &= 1.20791959071849 + ((1.5 - 1.20791959071849) * ((18.879588 + 0) / 3876.600588)) \\ &= 1.209 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Gesek, C_F

$$\begin{aligned} C_F &= 1.595966 \times 10^{-3} \\ &= 0.0015924 \end{aligned}$$

D. Perhitungan model-ship correlation allowance, C_A

$$\begin{aligned} C_A &= 0.45932 \times 10^{-3} \\ &= 0.0004552 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Thrust deduction, t

(ref: PNA vol.II, hal.162)

$$t = \frac{0,25014 \left(\frac{B}{L} \right)^{0,28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D} \right)^{0,2624}}{(1 - C_P + 0,0225 LCB)^{0,01762} + 0,0015 \cdot C_{STERN}}$$

$$D = 4,50$$

$$= 4,50 \text{ m}$$

$$C_{stern} = -10 \text{ (v-shaped section)}$$

maka, dapat dihitung harga t adalah :

$$t = 0,212$$

F. Perhitungan wake fraction, w

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$$

untuk single screw dan transom stern

$$\text{dimana; } C_v = (1 + k) C_F + C_A \quad (\text{ref: PNA vol.II, hal.162})$$

$$= (1,20934206323402 * 0,001592354) + 0,000455215$$

$$= 0,00238$$

maka, dapat dihitung harga w adalah :

$$w = 0,116$$

G.1 Perhitungan efisiensi hull, ηH

(ref: PNA vol.II, hal.152)

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0,212376187867217) / (1 - 0,116331147468576)$$

$$= 0,891$$

G.2 Perhitungan efisiensi Rotative, ηR

(ref: PNA vol.II, hal.163)

$$\eta_R = 0,9922 - 0,05908(AE/A0) + 0,07424(C_p - 0,02251cb)$$

$$= 0,980$$

G.3 Perhitungan open water test, ηo

(Prediction of Resistance and propulsion

$$\eta_o = 2 / (1 + (C_{th} + 1)^2)$$

Power of Ship hal.14)

$$= 0,504$$

$$C_{th} = (8/3,14) * R / ((1 - t) * p * (V_a \cdot D)^2)$$

$$= 7,817$$

G.4 Perhitungan efisiensi propulsif, ηD

(ref: PNA vol.II, hal.153)

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p$$

$$= 0,8913 * 0,98 * 0,50386831153063$$

$$= 0,4401$$

G.5 Perhitungan Efficiency Break Horse Power, ηt

$$BHP = SHP / \eta_t$$

(ref: Parametric Design chapter 11, hal.11-31)

$$\eta_t = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for each gear reduction}$$

$$l_i = 0,005 \quad \text{for the trust bearing}$$

$$l_i = 0,010 \quad \text{for a reversing gear path}$$

$$\eta_t = (1 - 0,01) * (1 - 0,005) * (1 - 0,01)$$

$$= 0,9751995$$

H. Perhitungan Total Efficiency

$$\eta_{total} = \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \times \eta_t$$

$$= 0,4292008$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 1

$$\begin{aligned} R_t &= 238,51 \text{ kN} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \\ &= 6,4305 \text{ m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 41,90\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 238,51 \times 6,43 \\ &= 1533,739 \text{ kW} \\ &= 2085,301 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2085,30 / 0,42 \\ &= 4977,1 \text{ HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4977,10 / 0,85 \\ &= 5855,412 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 3

$$\begin{aligned} R_t &= 236,9 \text{ kN} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \\ &= 6,4305 \text{ m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 41,99\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 236,90 \times 6,43 \\ &= 1523,385 \text{ kW} \\ &= 2071,224 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2071,22 / 0,42 \\ &= 4932,845 \text{ HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4932,85 / 0,85 \\ &= 5803,347 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 2

$$\begin{aligned} R_t &= 237,59 \text{ kN} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \\ &= 6,4305 \text{ m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 41,95\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 237,59 \times 6,43 \\ &= 1527,822 \text{ kW} \\ &= 2077,257 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2077,26 / 0,42 \\ &= 4951,46 \text{ HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4951,46 / 0,85 \\ &= 5825,247 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 4

$$\begin{aligned} R_t &= 236,325 \text{ kN} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \\ &= 6,4305 \text{ m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 42,02\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 236,33 \times 6,43 \\ &= 1519,688 \text{ kW} \\ &= 2066,197 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2066,20 / 0,42 \\ &= 4917,001 \text{ HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4917,00 / 0,85 \\ &= 5784,707 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 5

$$\begin{aligned} R_t &= 235,635 \text{ kN} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \\ &= 6,4305 \text{ m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 42,06\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 235,64 \times 6,43 \\ &= 1515,251 \text{ kW} \\ &= 2060,164 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2060,16 / 0,42 \\ &= 4897,804 \text{ HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4897,80 / 0,85 \\ &= 5762,122 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 7

$$\begin{aligned} R_t &= 234,485 \text{ kN} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \\ &= 6,4305 \text{ m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 42,17\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 234,49 \times 6,43 \\ &= 1507,856 \text{ kW} \\ &= 2050,11 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2050,11 / 0,42 \\ &= 4862,013 \text{ HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4862,01 / 0,85 \\ &= 5720,015 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 6

$$\begin{aligned} R_t &= 235,06 \text{ kN} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \\ &= 6,4305 \text{ m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 42,06\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 235,06 \times 6,43 \\ &= 1511,553 \text{ kW} \\ &= 2055,137 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2055,14 / 0,42 \\ &= 4886,009 \text{ HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4886,01 / 0,85 \\ &= 5748,245 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 8

$$\begin{aligned} R_t &= 233,91 \text{ kN} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \\ &= 6,4305 \text{ m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 42,17\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 233,91 \times 6,43 \\ &= 1504,158 \text{ kW} \\ &= 2045,083 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2045,08 / 0,42 \\ &= 4850,09 \text{ HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4850,09 / 0,85 \\ &= 5705,988 \text{ HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 9

$$\begin{aligned} R_t &= 232,99 \quad \text{kN} \\ V &= 12,5 \quad \text{knots} \\ &= 6,4305 \quad \text{m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 42,22\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 232,99 \times 6,43 \\ &= 1498,242 \quad \text{kW} \\ &= 2037,039 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2037,04 / 0,42 \\ &= 4824,77 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4824,77 / 0,85 \\ &= 5676,2 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 11

$$\begin{aligned} R_t &= 231,495 \quad \text{kN} \\ V &= 12,5 \quad \text{knots} \\ &= 6,4305 \quad \text{m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 42,31\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 231,50 \times 6,43 \\ &= 1488,629 \quad \text{kW} \\ &= 2023,968 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2023,97 / 0,42 \\ &= 4783,834 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4783,83 / 0,85 \\ &= 5628,04 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

Perhitungan Power Mesin Kapal
pada variasi trim 10

$$\begin{aligned} R_t &= 232,415 \quad \text{kN} \\ V &= 12,5 \quad \text{knots} \\ &= 6,4305 \quad \text{m/s} \\ \eta_{\text{total}} &= 42,25\% \\ 1\text{HP} &= 0,7355 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \cdot V \\ &= 232,42 \times 6,43 \\ &= 1494,545 \quad \text{kW} \\ &= 2032,012 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{SCR}} &= \text{EHP} / \eta_{\text{total}} \\ &= 2032,01 / 0,42 \\ &= 4809,355 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

Engine Margin 15%

$$\begin{aligned} \text{BHP}_{\text{MCR}} &= \text{BHP}_{\text{SCR}} / 0,85 \\ &= 4809,35 / 0,85 \\ &= 5658,064 \quad \text{HP} \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 1

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3660,69 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{W}_{\text{FO}} &= \text{P} \times \text{SFOC} \times \text{t} \times \text{C} \\
 &= 3660,69 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 87136025,47 && \text{gram} \\
 &= 87,14 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 4

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3616,48 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= \text{P} \times \text{SFOC} \times \text{t} \times \text{C} \\
 &= 3616,48 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 86083857,47 && \text{gram} \\
 &= 86,08 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 2

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3641,83 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= \text{P} \times \text{SFOC} \times \text{t} \times \text{C} \\
 &= 3641,83 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 86687137,03 && \text{gram} \\
 &= 86,69 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 5

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3602,36 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= \text{P} \times \text{SFOC} \times \text{t} \times \text{C} \\
 &= 3602,36 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 85747756,85 && \text{gram} \\
 &= 85,75 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 3

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3628,14 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= \text{P} \times \text{SFOC} \times \text{t} \times \text{C} \\
 &= 3628,14 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 86361245,89 && \text{gram} \\
 &= 86,36 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 6

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3593,69 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= \text{P} \times \text{SFOC} \times \text{t} \times \text{C} \\
 &= 3593,69 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 85541256,01 && \text{gram} \\
 &= 85,54 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 7

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3579,00 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= P \times \text{SFOC} \times t \times C \\
 &= 3579,00 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 85191697,85 && \text{gram} \\
 &= 85,19 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 10

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3537,31 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= P \times \text{SFOC} \times t \times C \\
 &= 3537,31 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 84199248,78 && \text{gram} \\
 &= 84,20 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 8

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3567,27 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= P \times \text{SFOC} \times t \times C \\
 &= 3567,27 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 84912419,37 && \text{gram} \\
 &= 84,91 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 11

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3518,54 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= P \times \text{SFOC} \times t \times C \\
 &= 3518,54 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 83752440,27 && \text{gram} \\
 &= 83,75 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar pada variasi trim 9

$$\begin{aligned}
 \text{Power} &= 3548,65 && \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 171,00 && \text{gr/kWh} \\
 \text{Radius} &= 2148,32 && \text{km} \\
 \text{V} &= 12,50 && \text{knots} \\
 &= 23,15 && \text{km/h} \\
 \text{t} &= \text{Radius/V} \\
 &= 2148,32 / 23,15 \\
 &= 92,80 && \text{h} \\
 \text{C} &= 1,3 - 1,5 \\
 &= 1,50 \\
 \\
 \text{WFO} &= P \times \text{SFOC} \times t \times C \\
 &= 3548,65 \times 171,0 \times 92,8 \times 1,5 \\
 &= 84469127,79 && \text{gram} \\
 &= 84,47 && \text{Ton}
 \end{aligned}$$

EVEN KEEL

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,31136	m.deg	0,3545	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,54631	m.deg	0,6204	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,23495	m.deg	0,2659	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	36,4	deg	36,4	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,433	m	35,5	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,31136	m.deg	0,3545	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,54631	m.deg	0,6204	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,23495	m.deg	0,2659	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0.390 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$e_{\text{under az curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	59,85692	m.deg	1,0447	m.rad	accepted

TRIM HALUAN 0,25 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)					status	
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,30563	m.deg	0,3544	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,53486	m.deg	0,6202	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,22922	m.deg	0,2658	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,547	m	1,547	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,207	m	2,207	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,30563	m.deg	0,3544	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,53486	m.deg	0,6202	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,22922	m.deg	0,2658	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,547	m	1,547	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0,390 \text{ m}$	=	1,547	m	1,547	m	accepted
$e_{\text{under gz curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	59,79963	m.deg	1,0437	m.rad	accepted

EVEN KEEL

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,401	0,899	1,457	1,497	1,132	0,558	-0,116	-0,822	-1,513
Area under GZ curve from zero h	0	0,0344	0,1454	0,3545	0,6204	0,8539	1,0035	1,043	0,9612	0,7572
Displacement t	16424	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16424
Draft at FP m	7,32	7,293	7,195	7,017	6,959	6,95	6,977	7,084	7,526	n/a
Draft at AP m	7,32	7,293	7,195	7,017	6,959	6,95	6,977	7,084	7,526	n/a
WL Length m	134,781	134,64	134,139	133,226	133,658	137,918	140,658	142,867	144,713	145,32
Beam max extents on WL m	24,989	25,364	26,489	24,609	19,89	16,705	14,778	13,62	12,995	12,799
Wetted Area m^2	3857,646	3868,99	3912,252	4141,379	4330,34	4422,389	4479,521	4502,645	4500,575	4506,274
Waterpl. Area m^2	2505,198	2545,752	2671,011	2566,062	2208,942	1959,392	1814,019	1740,253	1728,386	1729,169
Prismatic coeff. (Cp)	0,667	0,67	0,678	0,698	0,717	0,728	0,736	0,74	0,743	0,745
Block coeff. (Cb)	0,652	0,533	0,442	0,429	0,489	0,551	0,606	0,656	0,702	0,735
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	66,399	66,393	66,377	66,373	66,316	66,189	66,021	65,834	65,638	65,46
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	65,348	65,406	65,638	66,14	66,344	66,549	66,929	67,714	68,205	68,271
Max deck inclination deg	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TRIM HALUAN 0,25 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,401	0,898	1,457	1,496	1,13	0,556	-0,118	-0,824	-1,515
Area under GZ curve from zero h	0	0,0344	0,1453	0,3544	0,6202	0,8535	1,0027	1,0419	0,9598	0,7555
Displacement t	16425	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	7,449	7,423	7,331	7,164	7,125	7,147	7,228	7,447	8,236	n/a
Draft at AP m	7,199	7,169	7,065	6,875	6,798	6,758	6,728	6,716	6,796	n/a
WL Length m	134,283	134,131	133,589	132,628	133,286	137,662	140,966	143,129	144,86	145,253
Beam max extents on WL m	24,989	25,364	26,489	24,615	19,89	16,705	14,778	13,62	12,995	12,799
Wetted Area m^2	3856,712	3868,054	3911,524	4137,198	4330,832	4421,216	4478,565	4501,878	4501,073	4502,186
Waterpl. Area m^2	2502,209	2542,756	2667,934	2558,449	2216,701	1955,626	1809,985	1739,087	1728,551	1733,678
Prismatic coeff. (Cp)	0,667	0,669	0,678	0,698	0,717	0,728	0,736	0,741	0,744	0,745
Block coeff. (Cb)	0,641	0,533	0,442	0,429	0,489	0,551	0,606	0,656	0,702	0,733
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	66,67	66,67	66,674	66,684	66,608	66,469	66,3	66,119	65,939	65,77
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	65,523	65,592	65,868	66,205	66,081	66,568	66,866	67,552	68,143	67,887
Max deck inclination deg	0,1066	10,0006	20,0003	30,0002	40,0001	50,0001	60,0001	70	80	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1066	-0,1082	-0,1134	-0,1231	-0,1391	-0,1658	-0,2132	-0,3116	-0,6138	-90

TRIM HALUAN 0,5 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,31136	m.deg	0,3545	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,52913	m.deg	0,6201	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,21776	m.deg	0,2656	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,546	m	1,546	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,206	m	2,206	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,31136	m.deg	0,3545	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,52913	m.deg	0,6201	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,21776	m.deg	0,2656	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,546	m	1,546	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0.390 \text{ m}$	=	1,546	m	1,546	m	accepted
$e_{\text{under gz curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	59,7366	m.deg	1,0426	m.rad	accepted

TRIM HALUAN 0,75 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,31709	m.deg	0,3546	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,5234	m.deg	0,62	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,20631	m.deg	0,2654	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,545	m	1,545	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,205	m	2,205	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,31709	m.deg	0,3546	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,5234	m.deg	0,62	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,20631	m.deg	0,2654	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,545	m	1,545	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0.390 \text{ m}$	=	1,545	m	1,545	m	accepted
$e_{\text{under ez curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	59,68503	m.deg	1,0417	m.rad	accepted

TRIM HALUAN 0,5 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,401	0,899	1,457	1,495	1,128	0,554	-0,119	-0,826	-1,517
Area under GZ curve from zero h	0	0,0344	0,1454	0,3545	0,6201	0,8531	1,002	1,0409	0,9584	0,7538
Displacement t	16425	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	7,576	7,553	7,466	7,31	7,29	7,343	7,479	7,811	8,946	n/a
Draft at AP m	7,076	7,045	6,934	6,733	6,637	6,565	6,479	6,349	6,067	n/a
WL Length m	133,793	133,633	133,069	132,045	132,922	137,417	141,177	143,39	145,002	145,194
Beam max extents on WL m	24,989	25,363	26,489	24,629	19,891	16,705	14,778	13,62	12,995	12,8
Wetted Area m^2	3855,847	3867,269	3911,059	4134,012	4334,361	4421,629	4477,493	4502,157	4501,534	4502,427
Waterpl. Area m^2	2499,377	2539,97	2665,218	2551,948	2214,041	1953,288	1806,385	1737,173	1727,315	1729,567
Prismatic coeff. (Cp)	0,667	0,669	0,678	0,698	0,717	0,728	0,736	0,741	0,744	0,745
Block coeff. (Cb)	0,63	0,533	0,442	0,429	0,489	0,551	0,606	0,657	0,703	0,73
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	66,939	66,945	66,97	66,991	66,903	66,748	66,577	66,403	66,24	66,08
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	65,694	65,775	66,095	66,262	66,296	66,592	66,84	67,367	68,067	67,789
Max deck inclination deg	0,2132	10,0022	20,0011	30,0007	40,0005	50,0003	60,0002	70,0001	80,0001	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2132	-0,2164	-0,2268	-0,2461	-0,2783	-0,3316	-0,4263	-0,6232	-1,2274	-90

TRIM HALUAN 0,75 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,401	0,899	1,456	1,493	1,127	0,552	-0,121	-0,827	-1,519
Area under GZ curve from zero h	0	0,0344	0,1455	0,3546	0,62	0,8527	1,0013	1,0398	0,9571	0,7521
Displacement t	16425	16425	16426	16425	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	7,704	7,682	7,601	7,457	7,455	7,539	7,731	8,176	9,656	n/a
Draft at AP m	6,954	6,921	6,803	6,591	6,476	6,372	6,231	5,983	5,337	n/a
WL Length m	133,311	133,145	132,559	131,503	132,597	137,192	141,128	143,642	145,144	145,086
Beam max extents on WL m	24,989	25,363	26,489	24,643	19,892	16,705	14,778	13,62	12,995	12,8
Wetted Area m^2	3855,14	3866,667	3910,854	4131,633	4326,038	4422,56	4476,517	4501,76	4500,08	4498,057
Waterpl. Area m^2	2496,752	2537,473	2662,84	2546,154	2197,019	1951,198	1802,509	1738,666	1724,409	1719,498
Prismatic coeff. (Cp)	0,666	0,669	0,678	0,697	0,716	0,728	0,735	0,741	0,744	0,745
Block coeff. (Cb)	0,619	0,533	0,442	0,429	0,489	0,551	0,606	0,657	0,703	0,727
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	67,207	67,219	67,264	67,295	67,193	67,026	66,852	66,686	66,54	66,386
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	65,863	65,957	66,321	66,333	66,583	66,734	66,823	67,279	67,932	67,948
Max deck inclination deg	0,3197	10,0051	20,0025	30,0015	40,0011	50,0007	60,0005	70,0003	80,0002	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,3197	-0,3247	-0,3403	-0,3692	-0,4174	-0,4974	-0,6395	-0,9348	-1,8407	-90

TRIM HALUAN 1 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,32855	m.deg	0,3548	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,5234	m.deg	0,62	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,19485	m.deg	0,2652	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,544	m	1,544	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,203	m	2,203	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,32855	m.deg	0,3548	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,5234	m.deg	0,62	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,19485	m.deg	0,2652	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,544	m	1,544	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0.390 \text{ m}$	=	1,544	m	1,544	m	accepted
$e_{\text{under gz curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	59,63347	m.deg	1,0408	m.rad	accepted

TRIM HALUAN 1,27 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)					status	
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,34574	m.deg	0,3551	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,5234	m.deg	0,62	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,18339	m.deg	0,265	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,542	m	1,542	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,201	m	2,201	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,34574	m.deg	0,3551	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,5234	m.deg	0,62	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,18339	m.deg	0,265	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,542	m	1,542	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0.390 \text{ m}$	=	1,542	m	1,542	m	accepted
$e_{\text{under gz curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	59,57617	m.deg	1,0398	m.rad	accepted

TRIM HALUAN 1 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,401	0,9	1,455	1,492	1,125	0,551	-0,123	-0,829	-1,521
Area under GZ curve from zero h	0	0,0344	0,1456	0,3548	0,62	0,8524	1,0006	1,0389	0,9559	0,7506
Displacement t	16425	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	7,831	7,811	7,736	7,602	7,62	7,735	7,982	8,541	10,371	n/a
Draft at AP m	6,831	6,796	6,672	6,447	6,314	6,179	5,982	5,617	4,612	n/a
WL Length m	132,838	132,665	132,057	130,97	132,282	136,963	141,1	143,895	145,25	144,962
Beam max extents on WL m	24,988	25,363	26,488	24,657	19,893	16,705	14,778	13,62	12,995	12,799
Wetted Area m^2	3854,555	3866,188	3910,924	4146,391	4325,364	4420,816	4477,918	4502,262	4493,89	4497,019
Waterpl. Area m^2	2494,316	2535,161	2660,832	2549,45	2193,382	1946,744	1801,947	1732,284	1724,224	1713,374
Prismatic coeff. (Cp)	0,666	0,669	0,678	0,697	0,716	0,728	0,735	0,741	0,744	0,746
Block coeff. (Cb)	0,609	0,532	0,442	0,428	0,489	0,551	0,606	0,657	0,703	0,724
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	67,474	67,492	67,557	67,599	67,48	67,302	67,125	66,968	66,839	66,688
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	66,032	66,139	66,549	66,59	66,502	66,676	66,848	66,944	67,585	67,982
Max deck inclination deg	0,4263	10,009	20,0044	30,0027	40,0019	50,0013	60,0009	70,0006	80,0003	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,4263	-0,4329	-0,4537	-0,4923	-0,5565	-0,6632	-0,8526	-1,2463	-2,4536	-90

TRIM HALUAN 1,27 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,402	0,902	1,455	1,49	1,123	0,549	-0,124	-0,83	-1,523
Area under GZ curve from zero h	0	0,0345	0,1458	0,3551	0,62	0,852	1	1,0379	0,9546	0,7491
Displacement t	16425	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	7,969	7,95	7,881	7,759	7,798	7,947	8,253	8,938	11,145	n/a
Draft at AP m	6,699	6,661	6,529	6,293	6,14	5,971	5,713	5,225	3,831	n/a
WL Length m	132,336	132,155	131,526	130,728	131,948	136,722	141,076	144,174	145,329	144,829
Beam max extents on WL m	24,988	25,363	26,488	24,679	19,894	16,705	14,778	13,62	12,995	12,799
Wetted Area m^2	3854,143	3865,871	3923,599	4144,22	4326,496	4418,298	4473,512	4500,472	4495,523	4500,224
Waterpl. Area m^2	2492,066	2532,984	2659,013	2541,737	2190,665	1941,616	1796,703	1730,337	1713,881	1701,406
Prismatic coeff. (Cp)	0,666	0,668	0,678	0,697	0,716	0,728	0,735	0,741	0,744	0,746
Block coeff. (Cb)	0,599	0,532	0,442	0,428	0,489	0,551	0,606	0,656	0,702	0,721
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	67,762	67,786	67,873	67,928	67,788	67,598	67,419	67,271	67,159	67,01
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	66,212	66,334	66,79	66,641	66,414	66,622	66,773	66,852	67,369	67,852
Max deck inclination deg	0,5414	10,0145	20,007	30,0044	40,003	50,0021	60,0015	70,0009	80,0005	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,5414	-0,5498	-0,5762	-0,6252	-0,7068	-0,8423	-1,0827	-1,5826	-3,1149	-90

TRIM BURITAN 0,25 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,31136	m.deg	0,3545	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,55204	m.deg	0,6205	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,24068	m.deg	0,266	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,208	m	2,208	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,31136	m.deg	0,3545	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,55204	m.deg	0,6205	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,24068	m.deg	0,266	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0.390 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$e_{\text{under gz curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	59,91422	m.deg	1,0457	m.rad	accepted

TRIM BURITAN 0,5 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,32282	m.deg	0,3547	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,5635	m.deg	0,6207	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,24068	m.deg	0,266	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,208	m	2,208	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,32282	m.deg	0,3547	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,5635	m.deg	0,6207	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,24068	m.deg	0,266	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0.390 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$e_{\text{under ez curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	59,97151	m.deg	1,0467	m.rad	accepted

TRIM BURITAN 0,25 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,401	0,899	1,457	1,498	1,133	0,56	-0,113	-0,82	-1,512
Area under GZ curve from zero h	0	0,0344	0,1454	0,3545	0,6205	0,8543	1,0042	1,0441	0,9627	0,759
Displacement t	16425	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	7,192	7,162	7,059	6,87	6,794	6,754	6,726	6,722	6,819	n/a
Draft at AP m	7,442	7,416	7,325	7,159	7,121	7,143	7,226	7,453	8,259	n/a
WL Length m	135,313	135,18	134,703	133,837	134,024	138,177	140,386	142,608	144,517	145,388
Beam max extents on WL m	24,989	25,364	26,49	24,605	19,89	16,705	14,778	13,62	12,995	12,8
Wetted Area m^2	3858,848	3870,084	3913,204	4145,884	4331,922	4424,125	4479,983	4500,004	4509,241	4507,613
Waterpl. Area m^2	2508,47	2548,963	2674,358	2573,253	2212,69	1963,352	1817,299	1740,037	1718,897	1727,806
Prismatic coeff. (Cp)	0,668	0,67	0,679	0,698	0,717	0,728	0,736	0,74	0,743	0,745
Block coeff. (Cb)	0,643	0,531	0,441	0,429	0,489	0,551	0,606	0,656	0,701	0,733
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	66,127	66,116	66,079	66,06	66,023	65,906	65,741	65,548	65,338	65,152
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	65,174	65,218	65,406	66,098	66,282	66,553	66,993	67,836	68,7	68,488
Max deck inclination deg	0,1066	10,0006	20,0003	30,0002	40,0001	50,0001	60,0001	70	80	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1066	0,1082	0,1134	0,1231	0,1391	0,1658	0,2132	0,3116	0,6138	90

TRIM BURITAN 0,5 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,401	0,9	1,456	1,499	1,135	0,562	-0,111	-0,817	-1,51
Area under GZ curve from zero h	0	0,0344	0,1456	0,3547	0,6207	0,8547	1,0048	1,0451	0,9641	0,7608
Displacement t	16425	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	7,063	7,032	6,922	6,724	6,629	6,558	6,476	6,36	6,114	n/a
Draft at AP m	7,563	7,539	7,454	7,301	7,281	7,336	7,476	7,822	8,994	n/a
WL Length m	135,855	135,73	135,278	134,462	134,389	138,473	140,139	142,351	144,332	145,367
Beam max extents on WL m	24,989	25,364	26,491	24,601	19,889	16,705	14,778	13,62	12,995	12,8
Wetted Area m^2	3860,088	3871,307	3914,371	4150,155	4335,544	4426,402	4480,573	4496,486	4504,154	4508,814
Waterpl. Area m^2	2511,825	2552,375	2678,011	2579,862	2218,974	1967,708	1819,411	1738,857	1712,09	1723,286
Prismatic coeff. (Cp)	0,668	0,67	0,679	0,698	0,717	0,728	0,736	0,74	0,743	0,745
Block coeff. (Cb)	0,634	0,53	0,441	0,428	0,489	0,551	0,605	0,655	0,7	0,729
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	65,854	65,836	65,779	65,744	65,727	65,622	65,458	65,262	65,042	64,845
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	64,995	65,026	65,172	66,07	66,203	66,554	67,058	67,937	68,65	68,612
Max deck inclination deg	0,2132	10,0022	20,0011	30,0007	40,0005	50,0003	60,0002	70,0001	80,0001	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2132	0,2164	0,2268	0,2461	0,2783	0,3316	0,4263	0,6232	1,2274	90

TRIM BURITAN 0,75 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,33428	m.deg	0,3549	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,57496	m.deg	0,6209	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,24068	m.deg	0,266	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,208	m	2,208	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,33428	m.deg	0,3549	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,57496	m.deg	0,6209	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,24068	m.deg	0,266	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0,390 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$e_{\text{under gz curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	60,02881	m.deg	1,0477	m.rad	accepted

TRIM BURITAN 1 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,35147	m.deg	0,3552	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,59215	m.deg	0,6212	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,24068	m.deg	0,266	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,208	m	2,208	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,35147	m.deg	0,3552	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,59215	m.deg	0,6212	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,24068	m.deg	0,266	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0,390 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$e_{\text{under gz curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	60,09184	m.deg	1,0488	m.rad	accepted

TRIM BURITAN 0,75 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,402	0,901	1,456	1,5	1,136	0,564	-0,109	-0,815	-1,508
Area under GZ curve from zero h	0	0,0345	0,1457	0,3549	0,6209	0,8551	1,0056	1,0462	0,9656	0,7627
Displacement t	16425	16425	16426	16425	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	6,933	6,9	6,785	6,577	6,463	6,362	6,225	5,999	5,412	n/a
Draft at AP m	7,683	7,662	7,583	7,443	7,442	7,528	7,725	8,192	9,731	n/a
WL Length m	136,407	136,29	135,863	135,13	135,112	138,786	140,157	142,323	144,153	145,313
Beam max extents on WL m	24,989	25,364	26,492	24,598	19,889	16,704	14,778	13,62	12,995	12,8
Wetted Area m^2	3861,455	3872,66	3915,817	4145,622	4338,451	4428,476	4478,131	4494,617	4503,458	4513,419
Waterpl. Area m^2	2515,396	2555,981	2682,004	2576,54	2223,938	1971,397	1819,329	1738,516	1709,37	1714,339
Prismatic coeff. (Cp)	0,668	0,671	0,68	0,699	0,717	0,728	0,736	0,74	0,743	0,745
Block coeff. (Cb)	0,626	0,528	0,44	0,428	0,488	0,55	0,605	0,655	0,7	0,724
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	65,579	65,556	65,478	65,428	65,428	65,335	65,176	64,977	64,749	64,541
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	64,814	64,833	64,936	65,843	66,164	66,582	67,087	68,103	68,726	68,783
Max deck inclination deg	0,3197	10,0051	20,0025	30,0015	40,0011	50,0007	60,0005	70,0003	80,0002	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3197	0,3247	0,3403	0,3692	0,4174	0,4974	0,6395	0,9348	1,8407	90

TRIM BURITAN 1 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,402	0,902	1,456	1,5	1,138	0,566	-0,106	-0,813	-1,506
Area under GZ curve from zero h	0	0,0345	0,146	0,3552	0,6212	0,8556	1,0063	1,0474	0,9672	0,7647
Displacement t	16425	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	6,804	6,769	6,647	6,429	6,297	6,165	5,975	5,64	4,71	n/a
Draft at AP m	7,804	7,784	7,711	7,584	7,603	7,721	7,975	8,563	10,469	n/a
WL Length m	136,968	136,86	136,469	135,816	135,897	139,102	140,698	142,593	143,95	145,259
Beam max extents on WL m	24,989	25,364	26,492	24,596	19,889	16,704	14,778	13,62	12,995	12,8
Wetted Area m^2	3862,983	3874,214	3917,533	4147,475	4341,369	4431,985	4474,532	4493,792	4505,313	4515,065
Waterpl. Area m^2	2519,156	2559,834	2686,352	2579,918	2228,509	1976,03	1820,897	1737,235	1706,419	1706,788
Prismatic coeff. (Cp)	0,669	0,671	0,68	0,699	0,717	0,729	0,736	0,74	0,743	0,745
Block coeff. (Cb)	0,618	0,526	0,439	0,428	0,488	0,55	0,604	0,654	0,698	0,719
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	65,303	65,273	65,175	65,111	65,128	65,047	64,892	64,692	64,457	64,242
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	64,631	64,639	64,698	65,741	66,155	66,601	67,227	68,288	68,841	68,833
Max deck inclination deg	0,4263	10,009	20,0044	30,0027	40,0019	50,0013	60,0009	70,0006	80,0003	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0,4263	0,4329	0,4537	0,4923	0,5565	0,6632	0,8526	1,2463	2,4536	90

TRIM BURITAN 1,27 m

STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 3.1)						status
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	=	20,38012	m.deg	0,3557	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$	=	35,61507	m.deg	0,6216	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	=	15,23495	m.deg	0,2659	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.2 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$\max \geq 25^{\circ}$	=	35,5	deg	35,5	deg	accepted
$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	=	2,208	m	2,208	m	accepted
STABILITAS RULES (IMO, IS CODE CHAPTER 4.9.2)						
$e_{0,30}^{\circ} \geq 0.084 \text{ m.rad}$	=	20,38012	m.deg	0,3557	m.rad	accepted
$e_{0,40}^{\circ} \geq 0.149 \text{ m.rad}$	=	35,61507	m.deg	0,6216	m.rad	accepted
$e_{30,40}^{\circ} \geq 0.056 \text{ m.rad}$	=	15,23495	m.deg	0,2659	m.rad	accepted
$h_{30}^{\circ} \geq 0.306 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$GZ_{\max} \geq 0,390 \text{ m}$	=	1,548	m	1,548	m	accepted
$e_{\text{under } gZ \text{ curve to downflooding}} \geq 0.269$	=	60,15486	m.deg	1,0499	m.rad	accepted

TRIM BURITAN 1,27 m

Heel to starboard deck (degree)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GZ m	0	0,403	0,904	1,455	1,501	1,139	0,568	-0,104	-0,81	-1,504
Area under GZ curve from zero h	0	0,0346	0,1463	0,3557	0,6216	0,8561	1,0071	1,0486	0,9689	0,7668
Displacement t	16425	16425	16426	16424	16425	16425	16425	16425	16425	16425
Draft at FP m	6,663	6,626	6,498	6,27	6,118	5,953	5,705	5,252	3,952	n/a
Draft at AP m	7,933	7,916	7,849	7,736	7,776	7,929	8,245	8,965	11,266	n/a
WL Length m	137,593	137,502	137,159	136,572	136,776	139,505	141,161	142,787	143,721	145,184
Beam max extents on WL m	24,989	25,364	26,493	24,6	19,888	16,704	14,778	13,62	12,995	12,8
Wetted Area m^2	3864,858	3876,108	3919,705	4151,776	4345,641	4435,815	4473,254	4493,827	4503,821	4516,081
Waterpl. Area m^2	2523,512	2564,253	2691,473	2585,019	2234,025	1980,459	1820,398	1735,268	1699,629	1699,078
Prismatic coeff. (Cp)	0,669	0,672	0,681	0,699	0,718	0,729	0,736	0,74	0,743	0,744
Block coeff. (Cb)	0,61	0,524	0,438	0,427	0,487	0,549	0,604	0,653	0,697	0,713
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	65,003	64,967	64,845	64,765	64,799	64,732	64,585	64,385	64,143	63,922
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	64,431	64,429	64,439	65,653	66,137	66,631	67,359	68,469	68,869	68,86
Max deck inclination deg	0,5414	10,0145	20,007	30,0044	40,003	50,0021	60,0015	70,0009	80,0005	90
Trim angle (+ve by stern) deg	0,5414	0,5498	0,5762	0,6252	0,7068	0,8423	1,0827	1,5826	3,1149	90

EEDI CO2 untuk variasi trim 1

P = 4306,69 kW
 SFOC = 171 gr/kWh
 Cf = 3,1144 grCO2/ton
 C = 15407,1 ton
 V = 12,5 knots

EEDI = $(P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V)$
 = $4306,69 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5$
 = 11,91 gr/ton.nmil

EEDI CO2 untuk variasi trim 4

P = 4254,69 kW
 SFOC = 171 gr/kWh
 Cf = 3,1144 grCO2/ton
 C = 15407,1 ton
 V = 12,5 knots

EEDI = $(P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V)$
 = $4254,69 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5$
 = 11,77 gr/ton.nmil

EEDI CO2 untuk variasi trim 2

P = 4284,50 kW
 SFOC = 171 gr/kWh
 Cf = 3,1144 grCO2/ton
 C = 15407,1 ton
 V = 12,5 knots

EEDI = $(P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V)$
 = $4284,50 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5$
 = 11,85 gr/ton.nmil

EEDI CO2 untuk variasi trim 5

P = 4238,07 kW
 SFOC = 171 gr/kWh
 Cf = 3,1144 grCO2/ton
 C = 15407,1 ton
 V = 12,5 knots

EEDI = $(P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V)$
 = $4238,07 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5$
 = 11,72 gr/ton.nmil

EEDI CO2 untuk variasi trim 3

P = 4268,40 kW
 SFOC = 171 gr/kWh
 Cf = 3,1144 grCO2/ton
 C = 15407,1 ton
 V = 12,5 knots

EEDI = $(P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V)$
 = $4268,40 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5$
 = 11,80 gr/ton.nmil

EEDI CO2 untuk variasi trim 6

P = 4227,87 kW
 SFOC = 171 gr/kWh
 Cf = 3,1144 grCO2/ton
 C = 15407,1 ton
 V = 12,5 knots

EEDI = $(P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V)$
 = $4227,87 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5$
 = 11,69 gr/ton.nmil

EEDI CO2 untuk variasi trim 7

$$\begin{aligned} P &= 4210,59 \text{ kW} \\ \text{SFOC} &= 171 \text{ gr/kWh} \\ \text{Cf} &= 3,1144 \text{ grCO2/ton} \\ C &= 15407,1 \text{ ton} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EEDI} &= (P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V) \\ &= 4210,59 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5 \\ &= 11,64 \text{ gr/ton.nmil} \end{aligned}$$

EEDI CO2 untuk variasi trim 10

$$\begin{aligned} P &= 4161,54 \text{ kW} \\ \text{SFOC} &= 171 \text{ gr/kWh} \\ \text{Cf} &= 3,1144 \text{ grCO2/ton} \\ C &= 15407,1 \text{ ton} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EEDI} &= (P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V) \\ &= 4161,54 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5 \\ &= 11,51 \text{ gr/ton.nmil} \end{aligned}$$

EEDI CO2 untuk variasi trim 8

$$\begin{aligned} P &= 4196,79 \text{ kW} \\ \text{SFOC} &= 171 \text{ gr/kWh} \\ \text{Cf} &= 3,1144 \text{ grCO2/ton} \\ C &= 15407,1 \text{ ton} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EEDI} &= (P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V) \\ &= 4196,79 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5 \\ &= 11,61 \text{ gr/ton.nmil} \end{aligned}$$

EEDI CO2 untuk variasi trim 11

$$\begin{aligned} P &= 4139,46 \text{ kW} \\ \text{SFOC} &= 171 \text{ gr/kWh} \\ \text{Cf} &= 3,1144 \text{ grCO2/ton} \\ C &= 15407,1 \text{ ton} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EEDI} &= (P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V) \\ &= 4139,46 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5 \\ &= 11,45 \text{ gr/ton.nmil} \end{aligned}$$

EEDI CO2 untuk variasi trim 9

$$\begin{aligned} P &= 4174,88 \text{ kW} \\ \text{SFOC} &= 171 \text{ gr/kWh} \\ \text{Cf} &= 3,1144 \text{ grCO2/ton} \\ C &= 15407,1 \text{ ton} \\ V &= 12,5 \text{ knots} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EEDI} &= (P \cdot \text{Sfoc} \cdot \text{Cf}) / (C \cdot V) \\ &= 4174,88 \times 171,00 \times 3,114 / 15407 \times 12,5 \\ &= 11,54 \text{ gr/ton.nmil} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RLV} &= 174,2 \times b^{-0,210} \\ &= 10,682 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EEDI}_{\text{required}} &= (1-x/100)\text{RLV} \\ &= 9,61 \text{ gr/ton.nmil} \end{aligned}$$

Pengurangan Emisi CO2 dalam satu kali berlayar dapat dilakukan sebesar:

$$\begin{aligned} &= 0,24 \text{ gr/ton.nmil} \\ &= 2,1\% \end{aligned}$$

BIODATA PENULIS



Margono Adi Santoso. Lahir di Lamongan pada 21 Maret 1994. Sejak September 2012 sampai sekarang, ia menjadi mahasiswa pada Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Ia diterima melalui Program Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Jalur Undangan. Penulis lulus dari SDN Sidomlangan pada tahun 2006. Kemudian, tahun 2009 ia menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama dari SMP Negeri 1 Kedungpring. Pada tahun 2012, ia menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas dalam bidang Ilmu Pengetahuan Alam dari SMA Negeri 1 Kedungpring. Ia mengambil Bidang Rekayasa Perkapalan-Hidrodinamika Kapal dan mengangkat permasalahan penghematan bahan bakar pada Tugas Akhir Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS. Penulis pernah diamanahi menjadi Kepala Sekolah Rakyat masa khidmah 2013/2014 dan Ketua Departemen Pengabdian Masyarakat masa khidmah 2014/2015 di Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia (PMII) Sepuluh Nopember Surabaya. Di dalam kampus ia pernah berkecimpung dalam Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Lembaga Pers Mahasiswa Satu Kosong ITS sebagai distributor buletin pada tahun pertama. Selanjutnya, ia menjadi Anggota Tim Manajemen Undangan dan Lomba UKM Cinta Rebana ITS periode 2013/2014 dan Anggota Badan Peneliti dan Pengembangan Organisasi periode 2014/2015.

Email : margonoadis@gmail.com

Nomor Ponsel : 085648060221